



Departamento
de Engenharia Eletrotécnica

Codificação, *Bill of Materials* e Monitorização da Produção na Indústria da Automação – Estágio na Zeugma

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Área de Especialização em
Automação e Comunicações em Sistemas de Energia

Autora
Cláudia Alexandra Coimbra Serrão

Orientadores
Doutor Fernando José Pimentel Lopes
Doutor Inácio Sousa Adelino da Fonseca
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Supervisor na Empresa
Engenheiro Raúl Espírito Santo
Zeugma - Tecnologia de Sistemas Industriais, S.A.

Coimbra, junho, 2015

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Fernando Lopes e ao Professor Doutor Inácio Fonseca por toda a disponibilidade prestada durante a realização do estágio, pela orientação e apoio, bem como pela oportunidade de organizar o estágio na Zeugma.

À Engenheira Fernanda Canelas um especial agradecimento por todo o apoio durante o período de estágio e pelos ensinamentos que me transmitiu. Sem ela não seria possível a realização deste trabalho. Agradeço também todo o apoio do Engenheiro Raúl Espírito Santo na realização deste estágio.

Aos amigos da Engenharia por toda a ajuda e por todo o companheirismo prestado: André Pereira, Frédéric Marques e Carlos Pinto.

À Ana Alves, Tanita Maia, Ana Igrejas e Rui Fonseca por toda a força e ajuda nos momentos mais críticos. À minha mãe, Maria Beatriz Coimbra, pela paciência e pelo apoio incondicional ao longo de todo o período de estágio.

Quero agradecer à Zeugma pela oportunidade de realizar o estágio, pelo companheirismo e por toda a experiência profissional transmitida.

Agradeço a todos os que contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigada!

RESUMO

O presente Relatório de Estágio tem por objetivo apresentar o trabalho realizado no âmbito de um estágio curricular na empresa Zeugma - Tecnologia de Sistemas Industriais, S.A, enquadrado no Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Área de Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

A globalização e o aumento da concorrência exigem aumentos de produtividade que obrigam as empresas a uma evolução e mudanças constantes, procurando a melhoria da eficiência dos seus processos, sem aumento dos custos. Essas mudanças normalmente implicam adaptações a novos processos de gestão que em geral apresentam necessidades de melhorias da qualidade de toda a informação de suporte à produção.

A Zeugma é uma empresa que desenvolve soluções de automação industrial e que está em constante estado de melhoria. Neste âmbito foi identificada a necessidade de adaptar um novo sistema de gestão para suporte da produção de todas as máquinas, de modo a tornar mais eficiente o processo de gestão e planeamento da produção. Com este objetivo foi necessário desenvolver as estruturas de produto incluindo a sua codificação.

Uma estrutura de produto integra todos os procedimentos, materiais e quantidades necessários para a fabricação de um determinado equipamento ou produto. Esta informação é distribuída de forma organizada e planeada por uma determinada hierarquia/árvore de produto em que todas as montagens/operações se encontram interligadas. Desta forma, quando é necessário produzir uma determinada máquina, a estrutura de produto permite que todo o processo seja executado de forma organizada, com baixo risco de erros e custos desnecessários. Para que seja possível criar uma estrutura é necessário definir uma codificação adequada a todos os produtos fabricados que deve ser adaptada ao tipo de negócio da empresa. A codificação define todas as submontagens associadas a um determinado produto, permitindo a ligação entre estas e toda a gestão e planeamento de um produto acabado.

No trabalho desenvolvido ao longo do estágio procedeu-se à definição de um sistema de codificação para as montagens adaptado à empresa, assim como ao desenvolvimento das estruturas de produto, também designadas por listas de materiais. A codificação e listas de materiais desenvolvidas foram inseridas no *software* de ERP da empresa, inicialmente num projeto piloto e posteriormente integradas na produção regular de máquinas.

Com a realização do projeto foram encontrados vários outros aspetos relacionados com a organização da informação da empresa que necessitavam de ser melhorados. A Estagiária participou nesses processos de melhoria incluindo a definição inicial de KPIs para a produção. Estes indicadores têm como objetivo o controlo das ordens de fabrico que tiveram origem nas estruturas de produto, permitindo melhorar todo o processo.

Palavras-chave: Estrutura de Produto; Codificação; Lista de Materiais; KPI.

ABSTRACT

This Internship Report presents and discusses the work developed during an Academic Internship, a component of the Master in Electrical Engineering - Automation and Communications in Energy Systems Specialization Area, taught at the Coimbra Institute of Engineering. The internship took place at Zeugma - Tecnologia de Sistemas Industriais, S.A. – Mafra, Portugal.

Globalization and increased competition require productivity improvements that force companies to evolve and into a constant change, in order to improve the efficiency of their processes, without increasing the costs. These changes usually involve adaptation to new management processes that in turn require improvements in the quality of the information that supports the production activities.

Zeugma is a company that develops industrial automation solutions and that is in a constant state of improvement. In this context, the need to implement a new management system, to support the production of all machines was identified. The objective was to improve the efficiency of the production management and planning process. For this purpose, it was necessary to develop product structures, including coding strategies.

A product structure includes all procedures, materials and quantities needed to manufacture a particular equipment or product. This information is organized and distributed in a planned manner by a particular hierarchy/product tree in which all assemblies/operations are interconnected. Thus, when producing a particular machine, the product structure allows the entire process to run in an organized manner, with low risk of unnecessary errors and costs. To be able to create a structure, it is necessary to define a suitable coding for all manufactured products that must be adapted to the specific company business. The coding defines all subassemblies associated with a particular product, enabling a link between these subassemblies and all the management and planning of a finished product.

In the work carried out during the internship period, a coding system for the production assemblies, adapted to the company, was defined, together with the development of the associated product structures, also known as bills of materials. The encoding and developed bills of materials were inserted into the company ERP software, initially through a pilot project and then integrated into the regular production of machines.

During the development of the main coding and product structure definition work, several aspects associated with the quality of the company information were found, that needed to be improved. The student participated in these improvements, including the definition of production KPIs. These indicators are intended to control the production orders which originated in product structures, thereby improving the entire process.

Keywords: Product Structure; Coding; Bill of Materials; KPI.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE TABELAS	xi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Empresa	2
1.3 Objetivos.....	2
1.4 Organização do Documento	3
2. LISTAS DE MATERIAIS	5
2.1 Mercado.....	6
2.2 Parâmetros das BOMs	9
2.3 Planeamento da Produção.....	14
2.4 Processo de uma BOM	18
3. CODIFICAÇÃO	21
3.1 Considerações Gerais	21
3.2 Estrutura da Codificação	23
3.3 Produtos, Subprodutos e Artigos	25
3.4 Estrutura de Produto	27
4. INTEGRAÇÃO EM PROJETOS	31
4.1 <i>Lawson Smart Office M3</i>	31
4.2 Projeto Piloto	32
4.3 Projetos em Produção	34
4.3.1 Máquina ALIA2	34
4.3.2 <i>Sensory Machine</i>	35
4.3.2 Máquina “ <i>Upgrade System Final Tests and Boot Assembly</i> ”	36
5. PROJETO DETALHADO - UPGRADE SYSTEM FINAL TESTS AND BOOT ASSEMBLY	37
5.1 Considerações Gerais	37
5.2 Lista de Materiais	38
5.3 Estrutura de Produto	41
5.4 Criação da estrutura em M3.....	54

5.5 Ordens de Fabrico.....	57
5.6 Compras e Armazém	62
6. PROCESSOS DE MELHORIA E KPIs PARA A PRODUÇÃO.....	67
6.1 Correção de Informação no M3.....	67
6.2 Criação de Regras.....	70
6.3 Nova Biblioteca	70
6.4 Alertas do M3	71
6.5 KPIs para a Produção	72
7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	77
Referências Bibliográficas	79
ANEXO A – Codificação dos <i>Subassemblies</i>	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Sistema integrado centrado na <i>Bill of Materials</i>	1
Figura 2.1 – Diagrama das BOMs [1]	7
Figura 2.2 – Exemplo de uma estrutura de produto	15
Figura 2.3 – Influências nas listas de materiais	16
Figura 2.4 – Processo de uma lista de materiais.....	18
Figura 2.5 – Fluxograma global das etapas para o desenvolvimento de um produto.....	19
Figura 3.1 – Exemplo de níveis hierárquicos na codificação	24
Figura 3.2 – Estrutura da criação de um artigo.....	25
Figura 3.3 – Exemplo de uma estrutura.....	28
Figura 3.4 – Exemplo da estrutura para a montagem de um automóvel	29
Figura 3.5 – Exemplos da informação contida nas BOMs	29
Figura 3.6 – Estrutura de um artigo composto	30
Figura 3.7 – Exemplo específico para um artigo composto	30
Figura 4.1 – Ambiente de produção à esquerda e ambiente de testes à direita – M3.....	32
Figura 4.2 – Exemplo de estrutura para a máquina ALIA2	34
Figura 5.1 – <i>Upgrade System Final Tests and Boot Assembly (FT&BA)</i>	38
Figura 5.2 – 1.º nível hierárquico da estrutura	42
Figura 5.3 – 1º e 2º nível completo da máquina	43
Figura 5.4 – Estrutura da FT&BA	44
Figura 5.5 – <i>Structure</i>	48
Figura 5.6 – <i>Door Assembly</i>	49
Figura 5.7 – <i>Reject Box Assembly</i>	50
Figura 5.8 – <i>Central Conveyor Assembly</i>	50
Figura 5.9 – <i>Boot Stopper Assembly</i>	51
Figura 5.10 – <i>Robot Assembly</i>	52
Figura 5.11 – <i>Unloading Conveyor Assembly</i>	53
Figura 5.12 – C34 e CB31X	54
Figura 5.13 – M3 - Estrutura de Produto.....	55
Figura 5.14 – Fluxograma das Ordens de Fabrico (1 de 2)	59
Figura 5.15 – Fluxograma das Ordens de Fabrico (2 de 2)	60
Figura 5.16 – Registo de horas no M3	62
Figura 5.17 – Fluxograma das Ordens de Compra.....	64
Figura 5.18 – Fluxograma do Processo em Armazém.....	65
Figura 6.1 – Lista corrigida em M3 do parafuso 07000	69
Figura 6.2 – Número de horas planeadas (azul) e reais (laranja) de trabalho por OF	74
Figura 6.3 – Distribuição por tipos de perturbações.....	74

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Divisões da codificação	23
Tabela 3.2 – Codificação do grupo.....	26
Tabela 3.3 – Exemplo de uma estrutura de codificação para os assemblies	27
Tabela 5.1 – Codificação dos <i>Assemblies</i>	44
Tabela 5.2 – Codificação das Montagens da FT&BA.....	45
Tabela 5.3 – Exemplo de uma BOM	46
Tabela 6.1 – Tabela para correção da lista de parafusos com referência “07151”	68
Tabela 6.2 – Regras para criação de artigos - Anilhas	70
Tabela 6.3 – OFs para o Projeto E140001	73

NOMENCLATURA

Abreviaturas

AELE	<i>Electrical Assembly</i>
AMEC	<i>Mechanical Assembly</i>
BOM	<i>Bill of Materials</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	<i>Computer-Aided Manufacturing</i>
EAUT	<i>Automation Engineering</i>
EELE	<i>Electrical Engineering</i>
EMEC	<i>Mechanical Engineering</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ESOF	<i>Software Engineering</i>
FAT	<i>Factory Acceptance Test</i>
FT&BA	<i>Final Tests and Boot Assembly</i>
HMI	<i>Human Machine Interface</i>
ISEC	Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MRP	<i>Manufacturing Resource Planning</i>
OC	Ordem de Compra
OF	Ordem de Fabrico
OP	<i>Operator Panel</i>
OT	Ordem de Trabalho
PDM	<i>Product Data Management</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
PRD	Produção
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Ao longo dos anos, as empresas têm vindo a adotar diferentes estratégias de organização e de funcionamento. Devido à globalização do mercado, os projetos e o funcionamento de uma empresa são cada vez mais complexos, sendo por isso necessário desenvolver novas técnicas e tecnologia de apoio ao processo produtivo.

Um dos principais fatores que determinam o bom funcionamento de uma empresa é a utilização das *Bill of Materials* (BOM), ou seja, das Listas de Materiais. Uma Lista de Materiais pode parecer algo bastante simples, como sendo apenas uma lista que contém uma lista de todos os elementos necessários para a produção de algum componente ou equipamento. Contudo, como representado na Figura 1.1, uma lista de materiais contém informação que influencia todos os setores de uma empresa. As Listas de Materiais assumem especial importância quando inseridas no contexto das estratégias de desempenho e de objetivos de uma organização.

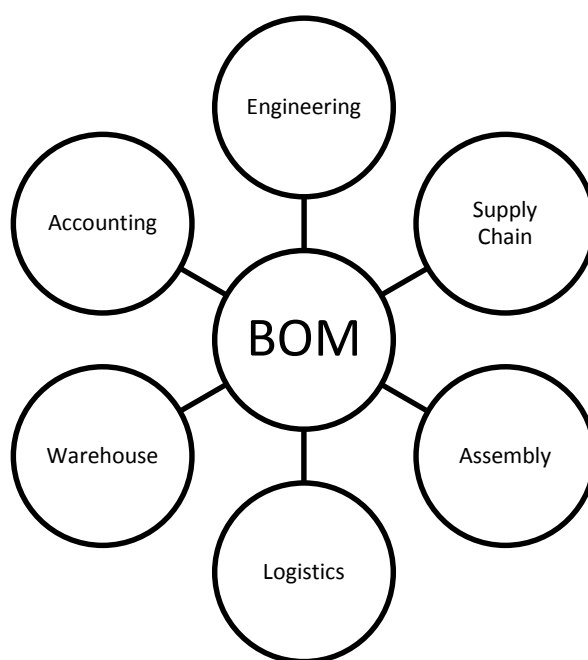


Figura 1.1 – Sistema integrado centrado na *Bill of Materials*

Numa empresa, todos os departamentos são influenciados e influenciam as BOMs. Qualquer alteração efetuada numa lista, por mais pequena que seja (apenas a alteração da quantidade de um material específico, por exemplo) irá influenciar todos os setores da empresa. Se o processo produtivo estiver numa fase muito avançada, esse impacto será

maior. Tal pode provocar graves consequências no bom funcionamento da empresa, sendo uma delas, e a principal, o prejuízo. Deste modo, as BOM são um dos pontos centrais que determinam um funcionamento eficiente e eficaz dos processos.

1.2 Empresa



A Zeugma - Tecnologia de Sistemas Industriais, S.A. é uma empresa que promove soluções de automação industrial de acordo com as necessidades do cliente. Trabalha em diversas áreas produtivas, tais como a indústria do papel, das embalagens, automóvel, aeroespacial e eletrónica. Executa todas as fases da elaboração de um projeto, desde a investigação e conceção até à sua finalização, incluindo testes e entrega ao cliente.

Na indústria das embalagens e do papel a Zeugma desenvolveu uma gama de máquinas de alta performance. Na indústria automóvel e eletrónica cada vez mais se produzem produtos sempre diferentes e em quantidades reduzidas, que necessitam de soluções de automação especializadas. A Zeugma desenvolve sistemas de automação industrial, máquinas de soldadura por onda e de soldadura seletiva. Dispõe também de vários serviços de automação, tais como, análise energética, soluções de poupança de energia, auditorias e sistemas de produção. Efetua ainda a análise de investimentos industriais, desenvolvimento de *software* para *Programmable Logic Controllers* (PLCs), robôs, *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) e *Human Machine Interfaces* (HMIs), assim como serviços associados a projetos e serviços de manutenção.

1.3 Objetivos

Este Relatório de Estágio descreve as atividades desenvolvidas no âmbito do estágio curricular do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra e teve como objetivo geral consolidar os conhecimentos adquiridos durante a formação académica, assim como aumentar esses conhecimentos através da participação nas atividades de produção na empresa Zeugma,

Na Zeugma foi identificada a necessidade de criar um novo sistema de codificação assim como estruturas de produto para melhorar a eficiência do processo produtivo. O prosseguimento deste objetivo coincidiu com o início do estágio tendo a Estagiária sido associada ao seu estudo e implementação. Assim o objetivo foi a definição de um sistema de codificação e estruturas de produto (também designadas por listas de materiais) para os produtos fabricados, para melhorar a eficiência do processo produtivo, em termos da gestão de projetos, da sua conceção e do seu desenvolvimento.

Outro desafio foi a elaboração de *Key Performance Indicators* (KPIs) para a Produção, com o objetivo de permitir que a empresa adquira rapidamente um conhecimento prático sobre o estado da sua produção, possibilitando, através da análise desses indicadores, adaptar o processo e introduzir medidas de prevenção para eventuais ocorrências/perturbações ao seu normal funcionamento.

O presente trabalho foi desenvolvido durante oito meses nas instalações da Zeugma. Os orientadores da aluna foram o Professor Doutor Fernando Lopes e o Professor Doutor Inácio Fonseca. O Supervisor de Estágio na Zeugma foi o Engenheiro Raúl Espírito Santo. Foram desenvolvidas várias atividades de apoio à gestão e produção em paralelo com o trabalho principal associado à codificação e definição de estruturas de produto. Ao longo do mesmo período foi ainda realizado um trabalho de pesquisa bibliográfica como complemento ao trabalho realizado, tendo como objetivos um melhor desempenho das atividades e a preparação do presente relatório de estágio.

1.4 Organização do Documento

Este Relatório de Estágio encontra-se dividido em sete capítulos. A divisão foi efetuada com o objetivo de permitir ao leitor uma melhor compreensão dos temas envolvidos nas atividades realizadas no decorrer do estágio, assim como demonstrar a importância desses temas para o mesmo. Assim, procurou-se que na sequência do documento não sejam omitidos pontos importantes que possam ser necessários para a compreensão de secções posteriores. O relatório apresenta inicialmente uma análise mais teórica relativa aos temas do trabalho, seguida de uma descrição das atividades mais práticas, associadas às atividades em que a Estagiária esteve envolvida no decorrer do estágio, finalizando com uma conclusão e algumas perspetivas de desenvolvimentos futuros.

O primeiro e presente capítulo (Capítulo 1) apresenta uma introdução geral, descrevendo a importância e o impacto que o tema da codificação e da definição de estruturas de produto representam numa empresa. Faz também uma apresentação sucinta da empresa onde se desenvolveu o estágio. São ainda neste capítulo são apresentados os objetivos de estágio assim como a organização deste documento.

O Capítulo 2 descreve a importância das listas de materiais/estruturas de produto nas empresas em geral, todos os aspetos que com elas se relacionam. Relaciona as listas com as estratégias de mercado em que podem estar envolvidas e apresenta a sua influência no sucesso destas estratégias.

O Capítulo 3 apresenta informação detalhada relativa ao tema/objetivo principal do trabalho desenvolvido no estágio que é a Codificação. É apresentada uma introdução a este tema e uma abordagem a todos os procedimentos que esta envolve, a sua importância e as suas consequências.

No quarto capítulo (Capítulo 4) apresentam-se os projetos onde a codificação e as estruturas de produto desenvolvidas foram testadas e integradas em ambiente de produção, na conceção e produção de máquinas específicas. Esta integração foi concretizada na aplicação de *Enterprise Resource Planning* (ERP) da empresa. Neste capítulo apresenta-se a aplicação de ERP (cuja utilização envolveu mais de 90% do trabalho desenvolvido), um projeto piloto para uma máquina concreta que foi testado no *software* de ERP, e uma descrição geral dos projetos em que o novo sistema de codificação foi implementado pela Estagiária. Posteriormente, e tendo em conta o sucesso do teste, a codificação desenvolvida passou a integrar o projeto de todas as máquinas produzidas.

De forma a melhor apresentar o conceito de estrutura de produto desenvolvido e todo o procedimento executado ao longo do estágio para cada máquina produzida, todo o processo é descrito detalhadamente para um exemplo de um projeto de uma máquina específica no Capítulo 5. A máquina em questão é uma solução industrial que se integra numa máquina principal da linha da Mercedes que trata das ignições. É apresentado todo o procedimento, desde a elaboração das listas de materiais, passando pelo desenvolvimento da estrutura de produto, codificação de todos os *subassemblies*, até à libertação e encerramento das ordens de fabrico.

No Capítulo 6 são apresentadas atividades de melhoria dos processos da empresa ao longo do estágio, que se tornaram possíveis devido ao conhecimento e experiência adquiridos na atividade principal de desenvolvimento e introdução das novas estruturas de produto. São descritas as correções com o objetivo de melhorar a qualidade da informação na aplicação de ERP da empresa, são definidas regras para garantir a coerência e a qualidade da informação, é criada uma nova biblioteca de artigos e são programados alertas para o planeamento. É ainda estudada a definição de KPIs para a Produção sendo apresentado e analisado um exemplo realtivo aos tempos de produção, previstos e planeados.

Finalmente, no Capítulo 7 são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido e algumas sugestões para trabalhos futuros. É feita referência aos objetivos que foram atingidos e aos pontos fortes do trabalho desenvolvido. São também descritas as condicionantes e dificuldades principais que surgiram no decorrer do estágio.

2. LISTAS DE MATERIAIS

Uma *Bill of Materials* (BOM) é uma estrutura de informação fundamental em muitas empresas. A sua importância tem vindo a aumentar ao longo dos anos, tendo atraído uma especial atenção com o grande desenvolvimento recente da indústria de produção e das tecnologias de informação que lhe dão suporte.

Também designada por estrutura de produto ou árvore do produto, uma lista de materiais exige cada vez mais que a sua informação seja de elevada qualidade e fiabilidade. Esta deve ter uma estrutura simples e eficiente, devendo englobar todos os processos e produtos e representar uma resposta às estratégias de negócio (Garwood, 2004) [1]. As listas contêm informação de todos os produtos/artigos utilizados em todos os setores e procedimentos de uma empresa que envolvam a produção dos produtos, desde a conceção até à fabricação.

R.D. Garwood, começou a dar aulas sobre listas de materiais em 1972. Em 1995 afirma que as BOM têm sido o “Calcanhar de Aquiles” da maioria das empresas de produção [1]. A qualidade da informação é um fator essencial numa BOM, no entanto, a maioria das empresas não garante que as listas de materiais sejam completas e precisas, havendo, nestes casos, informação com falta de qualidade e uma má gestão das listas. Sendo a BOM um elemento integrado em todos os departamentos, a forma como esta é controlada e estruturada pode influenciar o sucesso da empresa. Se a lista de materiais corresponder aos requisitos necessários, pode permitir a redução de custos e de tempo de produção. Caso não corresponda poderá causar graves consequências [3].

Os requisitos técnicos para a definição de listas de materiais têm vindo a aumentar de acordo com as necessidades de cada empresa ao longo dos anos, o que poderá dar origem a diversas questões, tais como:

- Como gerir as estruturas de produto?
- Quantas estruturas serão necessárias?
- Como é que as diferentes estratégias se podem refletir nas estruturas de produto?
- Como simplificar uma estrutura de produto?
- Como melhorar a precisão da informação?

Segundo a *American Production and Inventory Control Society*, em 1992, uma estrutura de produto é uma lista constituída por sub-montagens, componentes intermédios (artigos compostos), matérias-primas e itens comprados e utilizados na fabricação e/ou montagem de um produto. Deve conter, não só as relações entre estes e as quantidades necessárias para a fabricação de cada item, como também as instruções de trabalho com as especificações necessárias para a produção de cada um deles [3]. Na sua descrição mais

simples uma BOM é uma lista que deverá conter todos os pontos/ítems necessários para a fabricação de um determinado produto.

Uma sub-montagem, muitas vezes mencionada como *subassembly* (da sua designação em Língua Inglesa), contém a sua própria lista de materiais. É um sub-produto que pertence à montagem do produto final. No entanto, este pode ser vendido ao cliente como um produto independente, ou seja, separado da montagem da máquina principal. Cada sub-montagem apresenta diferentes materiais, operações e especificações, possuindo assim listas diferentes e consequentemente custos diferentes.

Podemos então concluir que a estrutura de produto contém a descrição completa do produto, das matérias-primas e de todos os componentes necessários, bem como a sequência em que o produto é criado, apresentando uma hierarquia com todos os pormenores da sua constituição e todas as etapas da sua fabricação.

2.1 Mercado

As competências que diferenciam uma empresa da concorrência, nem sempre são as que se refletem na tecnologia dos produtos, mas por vezes são as que definem a forma como cada empresa exerce o seu negócio [1]. Existem várias estratégias de negócio que as empresas podem adotar como uma mais-valia, ganhando com estas vantagens competitivas. A estrutura de produto tem um papel importante em todas as áreas de negócio, sendo uma ferramenta vital para o bom funcionamento das empresas.

A tecnologia de um produto pode ser, por vezes, facilmente comprada ou duplicada. No entanto, os processos de negócios inovadores e complexos são mais difíceis de imitar. Se uma empresa possuir a capacidade rápida de adaptação e personalização, conseguir responder num curto espaço de tempo e ter os materiais certos no momento certo, consegue obter uma grande vantagem competitiva [1]. Referindo mais uma vez a importância das BOMs, se estas forem devidamente estruturadas num negócio que se encontre em constante mudança, são um elemento essencial para atingir o sucesso de forma mais rápida e eficiente [1].

O problema principal que as listas de materiais apresentam, é precisamente o facto de parecerem muito simples. Quando é feita a pergunta: O que é uma lista de materiais? Qualquer colaborador de uma empresa pode responder simplesmente: é uma lista de itens necessários para fazer algo. Contudo, uma BOM é mais do que isso. Esta indica que artigos ou matérias-primas são necessários, as quantidades de cada componente utilizado e tudo o que é essencial para a construção/produção completa de um determinado produto. Descrevendo de uma forma mais simples, apresenta a mesma importância que uma receita para um cozinheiro, mas com um valor bastante superior. Se a receita não apresentar as quantidades e os ingredientes corretos, o produto final não será igual ao produto desejado, nem será de tão boa qualidade, tendo como consequência o desagrado do cliente. Todas

as empresas/organizações possuem as suas listas de materiais, sendo que algumas podem chamá-las de receitas enquanto outras as apresentam como fórmulas. Todos estes termos possuem o mesmo significado principal, ou seja, os itens ou as matérias-primas que entram na fabricação de um produto.

A estrutura de uma lista de materiais é uma ferramenta crítica em todas as empresas. Algumas apresentam um processo com elevada qualidade, mas outras não, o que pode resultar em graves consequências, tais como custos elevados. Processos de má qualidade são caros e não acrescentam nenhum valor para o cliente [1]. A qualidade engloba diversas componentes e não apenas a qualidade do produto. Esta pode ser definida como a conformidade entre todos os processos e as expectativas do cliente.

As entradas para o processo das estruturas têm origem em muitos departamentos e funções da empresa e a saída do processo é a lista de materiais. Com o passar dos anos, a experiência e as exigências de qualidade acrescentaram valor ao processo (Figura 2.1).

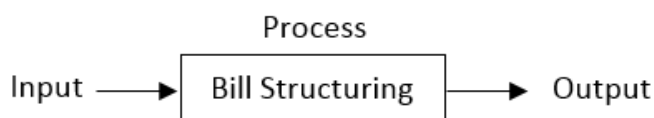


Figura 2.1 – Diagrama das BOMs [1]

Cada empresa possui as suas próprias estratégias, bem como o seu próprio processo e as suas próprias listas de materiais. Pois uma lista deve ser definida de acordo com o tipo de negócio, projeto, organização e objetivos de cada empresa. As listas podem ser utilizadas para comunicação entre os colegas de trabalho e como ferramenta para a organização e planeamento de um projeto.

Uma BOM permite às empresas conhecerem as suas necessidades globais, bem como as necessidades específicas de cada departamento, o que se torna complexo no caso das grandes empresas. Todos os funcionários utilizam as mesmas listas de materiais, sendo estas também usadas para ajudar a determinar rotinas e mesmo a melhor compreender como se fabrica o próprio produto. Ou seja, existem diferentes empresas/departamentos que utilizam a mesma lista de engenharia para diversas finalidades incluindo para fabricação do produto. Tal procedimento pode ter inconvenientes quando são feitas alterações numa das listas, uma vez que as ações necessárias para atualizar os sistemas de *software* e manter as listas em sincronismo requerem muito trabalho – e muitas vezes com pouco sucesso [1]. Esta falta de sincronização entre as listas pode custar muito dinheiro, pois múltiplas listas significam múltiplos processos e consequentemente custos excessivos.

Uma estrutura de produto não apresenta nenhum padrão de estruturação na indústria. No entanto, a sua documentação engloba custos, tempos de planeamento, construção e serviços [1]. Para que o processo apresente elevado desempenho, deve responder a alguns aspetos de procedimento [1]:

➤ A estrutura de produto deve ser precisa e devidamente estruturada:

Inicialmente muitas empresas verificavam qual o material que existia em armazém e as suas necessidades futuras. Elaboravam uma lista de artigos que se encontravam em falta e aceleravam o processo de reposição dos mesmos – sistema informal.

Hoje em dia, a maioria das empresas utilizam as listas num sistema designado por *Enterprise Resource Planning* (ERP), para calcular as futuras requisições, o material em falta e executar o planeamento dos procedimentos necessários, de modo a evitar que aquando da fabricação da máquina exista falta de material em *stock* – sistema formal.

Um sistema formal como o ERP utiliza a lista de todos os artigos (“Lista Mestre”) para executar todo o planeamento e programação necessários para responder às exigências do cliente, identificando todas as partes individuais e essenciais para a fabricação de um produto. Pode ser eficaz na produção, refletindo contas precisas e o fluxo aerodinâmico presente em todo o fabrico.

➤ Colocar apenas os níveis essenciais numa estrutura de produto:

Muitos níveis na estrutura de um produto podem ser desnecessários. Quanto maior o número de níveis de uma estrutura, maior será o tempo necessário para o registo de tempos e o controlo dos materiais.

A estrutura terá de ser bem organizada e planeada com antecedência de modo a evitar problemas posteriores e trabalhos desnecessários. Se uma máquina apresentar apenas uma montagem que poderá ser realizada em 1 hora, não necessita de vários níveis. Será apenas necessário apresentar um nível com uma ordem de trabalho. No caso de ter vários níveis os trabalhadores iriam desperdiçar tempo em registos e planeamentos desnecessários. Tal requereria muita comunicação e tempo para perceber as necessidades de cada departamento. Com apenas um nível, os custos são menores e existe uma maior segurança de dados. O que faz diferença no processo de empresas com grandes linhas de produção.

➤ Customização em Massa:

Os clientes exigem cada vez mais funcionalidades para os seus produtos, o que se traduz em mais especificações, exigindo por sua vez mais recursos e opções. Esta tendência pode fazer com que o número de artigos numa lista de materiais seja elevado, requerendo uma visão totalmente diferente do modo como a lista deve ser elaborada. É essencial que as listas possam ser reorganizadas e reconfiguradas, para poderem se adaptadas a cada cliente.

A organização das listas torna-se completamente diferente quando a pressão exercida devido à competitividade requer mais recursos, opções e a capacidade para efetuar a produção em massa.

➤ Competitividade de Preços:

A pressão exercida devida à competitividade dos preços tem impulsionado a necessidade de eliminação de custos desnecessários em determinados processos de uma empresa. Sendo a construção de uma lista de materiais considerada um processo, se esta não apresentar qualidade de informação, pode implicar custos elevados. Um processo com qualidade elevada corresponde às expectativas dos clientes, sejam eles internos e/ou externos.

Quando se fala em má qualidade das listas está-se a referir à qualidade da informação que esta contém. A má qualidade conduz a desperdícios, podendo contribuir para a ocorrência de:

- Faltas de material;
- Entregas perdidas;
- Elevado tempo de entrega;
- Tempos de entrada de pedidos excessivos;
- Excesso ou falta de material no inventário;
- Reduzido controlo do processo;
- Reivindicações de garantia;
- Diminuição da qualidade do produto;
- Fabricação com baixa eficiência.

Os custos relativos a estas não conformidades são elevados. Tal pode acontecer devido aos custos e aos tempos de espera não serem facilmente detetados, sendo as oportunidades de redução destes por vezes subestimadas.

2.2 Parâmetros das BOMs

Existem máquinas simples que apenas justificam ter uma lista de materiais, sendo esta uma alternativa à resolução de alguns problemas referentes às BOMs. Uma só lista é designada em muitas empresas por “Master Bill” [1]. A lista de materiais é concebida e desenvolvida por parte da Engenharia, sendo que o Departamento de Produção estabelece como e quando o produto é produzido. Este último pode decidir a necessidade de se acrescentar, ou não, *subassemblies* como suporte para um procedimento/ produção mais eficiente.

Quanto mais complexos forem os produtos mais complexo será o procedimento e a estrutura do mesmo. Uma única estrutura para um determinado produto, apenas acrescenta valor. Visto que um produto pode estar em constante mudança, havendo sempre alterações, seria muito difícil, se não mesmo quase impossível, manter a informação constante e atualizada no caso de existirem várias listas de materiais diferentes para um só produto.

Uma BOM pode conter vários níveis, sendo a mais simples de dois níveis. Tendo um nível com as matérias-primas, operações e/ou os serviços necessários, e outro nível com o produto final [1]. Esta seria uma estrutura simples e adequada para máquinas/produtos

de pequenas dimensões, e que justifique ter apenas uma lista de materiais. No entanto, em muitos casos, a necessidade de planeamento e o controlo na produção obriga à criação de vários níveis. Tais níveis são constituídos por sub-montagens ou por itens intermédios que precisam de ter uma organização específica [3].

Todos os departamentos operam na mesma base de dados, o que leva a que todos os colaboradores da empresa utilizem a mesma “linguagem”. É impossível elaborar a estruturação e reestruturação de uma lista se as pessoas pertencentes à mesma empresa utilizarem vários termos dentro da estrutura. Alguns dos termos essenciais são:

- *Bill of Materials*;
- *Part Number*;
- *Engineering Drawing*;
- *Parts List*.

Uma *Bill of Materials* como já foi referido anteriormente, é uma lista de artigos necessários para produzir/fazer um item “Pai”. Tal inclui vários itens, tais como, partes de componentes, materiais brutos, *subassemblies*, semiacabados e matérias-primas. Algumas indústrias referem-se à BOM como sendo o conjunto das especificações elaboradas por parte da Engenharia [1].

O *Part Number* é um identificador único, numérico e identifica um e apenas um artigo/componente [1]. Basta um artigo poder apresentar cores diferentes, para que exista um número de peça diferente consoante a cor. Muitas empresas tratam os *Part Numbers* como um número infinito sequencial, não existindo nenhuma organização interna para os mesmos. No entanto, devem ser sempre definidas várias regras e métodos para a parametrização destes códigos [1]. Deste modo, todos os colaboradores falam a mesma “linguagem” utilizando sempre os mesmos métodos para a criação dos artigos.

Algumas das regras básicas que devem ser atribuídas relativamente aos números das peças são:

1. Todos os artigos, compras e produtos fabricados que têm de ser calendarizados, sendo necessário uma previsão específica ou requisitos especiais de compra, devem ter um número de peça que deve ser incluído na lista de materiais. Semiacabados, *subassemblies*, artigos compostos e produtos, todos eles, devem apresentar um código e ser incluídos na BOM.
2. Quando uma parte da máquina é vendida em separado ou substituída, deve apresentar outro número/código de artigo mesmo que não seja fabricado ou que seja colocado em *stock* quando o produto final é produzido.
3. Por vezes é necessário atribuir um código a um *subassembly* que apenas será utilizado uma vez ou que apresenta um tempo de montagem reduzido. Um *subassembly* que pertence a um conjunto dentro de outro *subassembly* e apenas é consumido em poucos minutos ou horas no produto final. Quando é elaborado o controlo de qualidade no armazém e é feito o inventário, estes tipos de

subassemblies devem ser sempre considerados e apresentarem um código. Tal código deve pertencer à lista de materiais. Em caso de não apresentarem, os artigos iriam ser consumidos e ocorreriam não conformidades.

4. Quando o cliente devolve o produto para posteriores melhorias ou para a resolução de problemas, o produto poderá ser desmontado e montado novamente, poderá apresentar novas especificações e serão inseridos/ retirados alguns artigos, o que poderá levar, ou não, à existência de um novo subconjunto. Este novo subconjunto necessitará de um código e a sub-montagem modificada também apresentará um código diferente da anterior, pois levará outros artigos que não estavam presentes na outra BOM. Tal é necessário para a reposição e o consumo no armazém, bem como para consumo na parte da contabilidade, pois o custo será diferente.
5. O departamento de engenharia, por vezes, desenvolve um *subassembly* ou um conjunto de artigos que são utilizados em várias partes da máquina. O tamanho da lista de materiais poderá ser minimizado utilizando apenas um código para este conjunto de artigos, o que facilita também a manutenção da lista nestes casos. Mesmo que este subconjunto não seja fabricado, poderá conter um código com diferentes especificações. Tais subconjuntos podem ser designados de artigos compostos ou por *kits*. Assim, em caso de haver necessidade de alteração num destes tipos de *subassemblies*, apenas uma lista irá sofrer alterações.

Os *part numbers* não são apenas números - cada dígito possui um significado específico [1]. Quando alguém experiente olha para o código consegue dizer que tipo de artigo se trata. Tal irá ser explicado com mais detalhe no Capítulo 3.

Uma das questões que se colocam é se o *part number* deveria ou não ser igual ao *drawing number*. Cada um deles apresenta propósitos diferentes. O número da peça é único e usado para identificar apenas esse item, enquanto o *drawing number* identifica a parte visual, ou seja, o desenho da peça para ser montada [1]. Caso fossem iguais iriam surgir vários problemas.

O mesmo desenho pode ser utilizado em várias partes diferentes da máquina, podendo possuir as mesmas dimensões mas serem feitas de materiais diferentes. Um novo *subassembly*, ao ser criado, requer que seja criado um novo código, contudo, o número de desenho poderá ser o mesmo [1]. Por exemplo, num determinado artigo em que uma das tolerâncias é alterada, obriga a que seja criado um novo código para a peça, pois já terá especificações diferentes. No entanto, o desenho apenas necessita de ser alterado com uma nova versão, sendo praticamente o mesmo, não precisando de ter um número de desenho diferente. Deste modo, para que sejam evitados potenciais problemas é melhor considerar o *part number* e o *drawing number* em separado.

As vantagens de considerar estes dois parâmetros diferentes inclui:

- Números/códigos de artigos mais pequenos;
- Menos erros nas listas de materiais;
- Menos confusão;

- Menores emissões de erros nos materiais;
- Menos desenhos – apenas um desenho pode corresponder a vários números de peças;
- Um novo desenho não requer que também seja necessário um novo *part number*.

Um *engineering drawing* é um desenho que auxilia a fabricação do produto. Frequentemente é onde a Engenharia apresenta as listas dos materiais que são necessários para cada montagem onde cada desenho apresenta a lista dos seus componentes. Tal permite que a informação seja rapidamente avaliada, tendo como referencia o desenho.

No entanto, apresentar a BOM nos *engineering drawings* pode ser muito inconveniente para a empresa. O sistema *Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing* (CAD/CAM) é vantajoso e mais fácil de concentrar a informação, no entanto há que pensar nas suas desvantagens. No caso de haver algum problema ou alteração nas listas a empresa poderá ter de contratar algum projetista apenas para alterar as listas nos desenhos, pois é um processo moroso. Outro problema poderá ser o tamanho do CAD/CAM e a comunicação com a base de dados. Algumas tecnologias têm a capacidade de melhoria e de se interligar à base de dados da empresa, outras não - assim será difícil evitar futuras diferenças entre o sistema CAD e a base de dados. Contudo é uma informação vital para os engenheiros que esta esteja contida nos *subassemblies*.

Existem duas formas que poderão facilitar este método. Uma será remover a lista de materiais do desenho e transferi-la, com todas as especificações, para um ficheiro apropriado para todas as listas de materiais que pertencem ao mesmo produto.

As vantagens de apresentar todas as listas de materiais num ficheiro à parte, fora dos desenhos, permitem:

- Menores tempos e trabalho para manter as listas uniformes;
- Menores custos.

Uma *parts list* é uma lista de materiais com apenas um único nível. Quando são criadas pela Engenharia não incluem os códigos dos *subassemblies* ou as requisições necessárias para o fabrico do produto. Contêm apenas os componentes que são necessários como uma lista individual para cada *subassembly*.

Existem muitos outros elementos que devem ser considerados e que estão incluídos numa BOM. Um tipo de elementos que podem pertencer a uma estrutura de produto são os *subassemblies* “fantasma”. Esta “ferramenta” permite simplificar a estrutura - em termos de planeamento quanto mais simples e organizada esta for melhor será para toda a empresa. Os *subassemblies* fantasma são considerados pela Engenharia iguais aos outros *subassemblies* e com as mesmas especificações que uma montagem normal. No entanto, para a Produção e para os gestores de projeto, por motivos especiais, são considerados e tratados de modo diferente.

Existem alguns fatores que obrigam a que o *subassembly* seja fantasma, sendo os principais:

- Reduzido tempo de montagem;
- Poucos materiais.

Algumas máquinas apresentam poucos *subassemblies* e por vezes, devido a questões de planeamento é necessário juntar as montagens numa só, ou seja, apresentar apenas uma BOM. Por exemplo, em vez de termos duas listas de materiais, considera-se uma destas como sendo uma lista fantasma, e colocam-se todos os materiais/componentes das duas montagens numa só lista [1]. Existem várias designações para os *subassemblies* fantasma, contudo ao longo do relatório serão sempre referenciados como “fantasma”.

Um *subassembly* fantasma pode:

- Existir em qualquer nível da estrutura;
- Identificar um artigo/grupos de partes que não são usualmente consideradas como *subassemblies*;

Embora algumas montagens possam ser consideradas como *subassemblies* individuais, na maioria dos casos, existem *subassemblies* que são produzidos em pouco tempo e que não justificam os trabalhos extras para a criação desta necessidade. Assim, como não são considerados como sendo uma necessidade à parte, são especificados como sendo fantasma.

Antes de ser elaborada uma lista/estrutura de produto é necessário identificar o que deve ser incluído. Tudo o que tem de ser planeado calendarizado e que faça parte do produto, deve ser introduzido na estrutura. Isto é:

- Material para embalagem da máquina;
- Manuais;
- Fabricação das sub-montagens;
- *Hardware* (parafusos, anilhas, porcas, etc.);
- Materiais semiacabados;
- Intermediários;
- Matérias-primas;
- Ferramentas da produção/auxiliares;
- Referência dos materiais e desenhos dos mesmos.

Quando um produto necessita de muitos *subassemblies* para ser produzido este irá apresentar uma estrutura muito grande, podendo apresentar níveis da estrutura e mesmo *subassemblies* desnecessários, e que poderão ser tratados como fantasmas. Se tal não for feito, estes níveis e *subassemblies* extra requerem tempos desnecessários, com várias operações que poderiam ser evitadas, apresentando desvantagens para a empresa.

2.3 Planeamento da Produção

O planeamento e a calendarização de um produto são efetuados após a empresa receber uma encomenda do cliente. Ou seja, o produto apenas é planeado e produzido consoante a data de entrega pretendida, determinada pelo cliente.

Contudo, antes de uma encomenda ser efetuada existem vários procedimentos que devem ser executados com antecedência. Um procedimento poderá ser, por exemplo, o inventário. A BOM obriga a que seja executado previamente um inventário rigoroso, pois todos os artigos que existem em armazém e em qualquer parte da empresa devem estar identificados, contabilizados e toda esta informação deve estar atualizada no sistema da empresa. Apenas deste modo é que todo o planeamento para qualquer produto será feito corretamente sem que a empresa fique prejudicada.

Em caso de ocorrer uma encomenda para um determinado produto e apresentar uma data de entrega muito próxima da data em que foi feita a própria encomenda, ou seja, se houver um curto intervalo de tempo para a fabricação do produto, todo o procedimento terá de ser executado da forma mais eficaz possível e sem prejuízos. Se todos os materiais disponíveis na empresa estiverem devidamente identificados e contabilizados, o procedimento poderá decorrer sem falhas. Nesse caso, após ser lançada a encomenda, o sistema irá automaticamente verificar todos os artigos que são necessários para a montagem desse produto, passando de seguida a informação dos artigos que estão em falta, incluindo as quantidades que devem ser compradas. Caso a informação em sistema não estiver correta ou os artigos forem mal contabilizados, poderão ser comprados componentes a mais sem necessidade, conduzindo a gastos desnecessários.

Perante esta possibilidade, uma empresa precisa de adotar estratégias prévias de planeamento. Quando for necessário efetuar o planeamento de um produto com base na data prevista de entrega ao cliente, o planeamento terá de ser imediatamente efetuado de forma correta.

Todo o planeamento de um produto deve ter em conta determinados requisitos. Por exemplo, a data de entrega de todos os materiais em falta tendo em conta o espaço de tempo que o fornecedor os consegue disponibilizar, bem como a disponibilidade dos recursos de trabalho necessários. Os artigos que dependem de fornecedores externos devem ser bem analisados e parametrizados consoante o espaço de entrega/disponibilidade dos mesmos e os custos.

Uma vez que os diferentes semi-fabricados são necessários em tempos/datas distintas, cada *subassembly* deve ser planeado de acordo com a data em que este é necessário e a duração dos tempos de trabalho que exige.

Uma BOM apresenta uma forma hierárquica, em que o nível superior representa o produto acabado, o qual pode ser um subproduto ou o produto completo. Na Figura 2.2 apresenta-se um exemplo da estrutura de uma BOM. Supondo que o cliente faz uma

encomenda para a data X. Para que o produto final esteja finalizado é necessário executar a montagem dos “filhos”. Este necessita do semi-acabado A, que precisa de três dias para ser finalizado, mas para os trabalhos serem iniciados, este, por sua vez, precisa do *subassembly* A1 e do *subassembly* A2. Visto serem precisas duas montagens do *subassembly* A1 e quatro do *subassembly* A2, estes podem apresentar datas de início de montagem diferentes. O semi-acabado A deverá ter uma data planeada Y para cumprir com a finalização do produto na data X e o semi-acabado B, por sua vez, poderá apresentar outra data de início consoante o número de dias necessários para a sua fabricação e a data de disponibilização de todos os artigos necessários. A data de requisição dos componentes é calculada com base na data em que os fornecedores conseguem disponibilizar os mesmos.

Perante este exemplo, pode-se verificar a importância do planeamento numa estrutura de produto e o impacto que este pode ter para que a data pretendida de finalização do projeto seja concretizada.

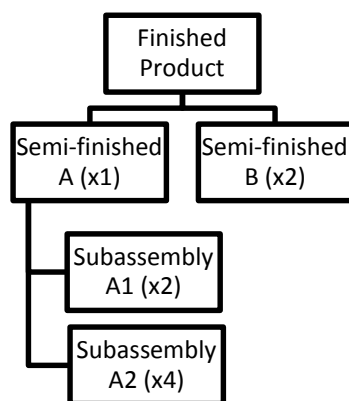


Figura 2.2 – Exemplo de uma estrutura de produto

O diagrama da Figura 2.3 apresenta algumas das influências internas e externas da BOM. Sendo, ou não, um novo projeto, o produto apresenta sempre um plano para a sua conceção. A BOM, como se pode verificar, é a principal entrada para o *software* de *Manufacturing Resource Planning* (MRP) [2].

De acordo com as especificações do cliente, o produto pode ser alterado e terá de ser feito um novo planeamento dos materiais, sendo necessário efetuar todas as alterações necessárias à estrutura do produto. Posteriormente, será efetuado o planeamento ou replaneamento do projeto, consoante a data pretendida de entrega do produto ao cliente e as datas de chegada dos materiais necessários às instalações.

As listas de materiais desenvolvidas pelo Departamento de Engenharia contêm todos os artigos e componentes essenciais para a montagem do produto, apresentando os mesmos divididos por *subassemblies*. Estes devem disponibilizar todos os artigos necessários, desenhos e especificações técnicas dos mesmos.

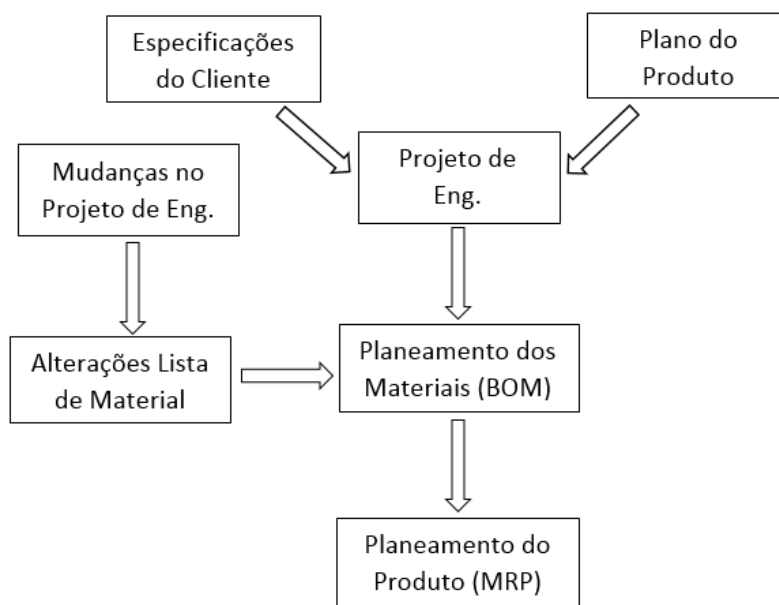


Figura 2.3 – Influências nas listas de materiais

As alterações são sempre feitas pelo Departamento de Engenharia. Embora o cliente pretenda que existam determinadas alterações técnicas, o Engenheiro também pode achar que outras são necessárias, e assim introduzir outras alterações à lista de materiais. Deste modo podemos ter duas entradas diferentes a influenciar as BOMs: a resposta do cliente e as alterações feitas ao produto por parte da Engenharia.

Qualquer produto de uma empresa terá de ser bem planeado. As datas pretendidas por parte do cliente irão influenciar todos os prazos de funcionamento da empresa, inclusive os prazos de entrega dos materiais, bem como as datas de conclusão dos trabalhos por parte da Engenharia. Em caso de atraso de algum departamento, poderá comprometer todas as outras datas de finalização de trabalhos referentes aos outros setores.

Outro elemento que está incluído no planeamento e com a mesma importância são os custos associados a todo o tipo de atividade dentro e fora da empresa. Todos os materiais também terão de ser planeados e negociados consoante os custos que a empresa terá para a obtenção dos mesmos. Tal aspeto não se encontra representado no diagrama da Figura 2.3, no entanto estes custos poderão ser uma das influências que as BOMs podem sofrer. No Departamento de Compras poderão surgir novas alterações consoante a negociação feita com o fornecedor. Embora o componente/artigo seja fisicamente o mesmo, o código do artigo irá ser diferente, o que irá contribuir para que sejam executadas mais alterações nas listas de materiais.

Perante o exposto, o planeamento feito para um determinado produto, assim como a elaboração das BOMs são processos morosos e com grande importância para o bom funcionamento tanto interno como externo. Para que a empresa consiga cumprir todos os prazos exigidos estes processos terão de ser executados da maneira mais correta possível.

Todos os colaboradores terão de estar sensibilizados para os impactos de uma má execução, para que todos contribuam da forma mais eficiente possível.

O planeamento de um projeto é de extrema importância. Uma estrutura de produto exige precisão, deve ser a mais adequada ao produto, as quantidades dos materiais devem estar corretas, ou seja, todas as informações contidas numa BOM devem ser bem definidas. Quando se fala em qualidade de um projeto, esta inclui a precisão da estrutura de produto sendo que esta última deve respeitar todas as expectativas do cliente. Contudo, a produção é que determina a forma mais adequada para fabricar o produto, podendo decidir adicionar, ou não, um subconjunto/*subassembly* de apoio à produção, de modo a que esta seja mais eficiente.

A maioria das empresas pretendem que os resultados finais não se afastem do planeado, que sejam precisos e, em determinadas empresas, estáveis. O que implica serem devidamente estruturados. Muitas reconhecem que a estrutura de um produto deve ter elevada qualidade, sendo uma peça vital para um crescimento rentável [1], contribuindo, tanto em termos competitivos, como também para demonstrações financeiras. As BOMs terão sempre um papel fundamental em todos os tipos de negócios.

É importante destacar a importância da BOM como sendo o ponto comum de ligação mais eficaz entre os sistemas ERP e *Product Data Management* (PDM) e entre os sistemas ERP e CAD possibilitando assim o fluxo e a consistência da informação.

Utiliza-se o MRP como método de cálculo para executar todos os requisitos técnicos de materiais e todo o processo integrado de planeamento da empresa. Este é frequentemente referido como *Enterprise Resource Planning* (ERP). O *software* corporativo da *Cyco System*, *SolidWorks*, utilizado na Engenharia, interage com vários sistemas para vincular projetos CAD às listas de materiais dos projetos. O sistema ERP permite que os recursos de uma empresa partilhem informação dentro e fora da organização, para evitar erros e omitir redundâncias, aumentando assim a eficiência [2].

2.4 Processo de uma BOM

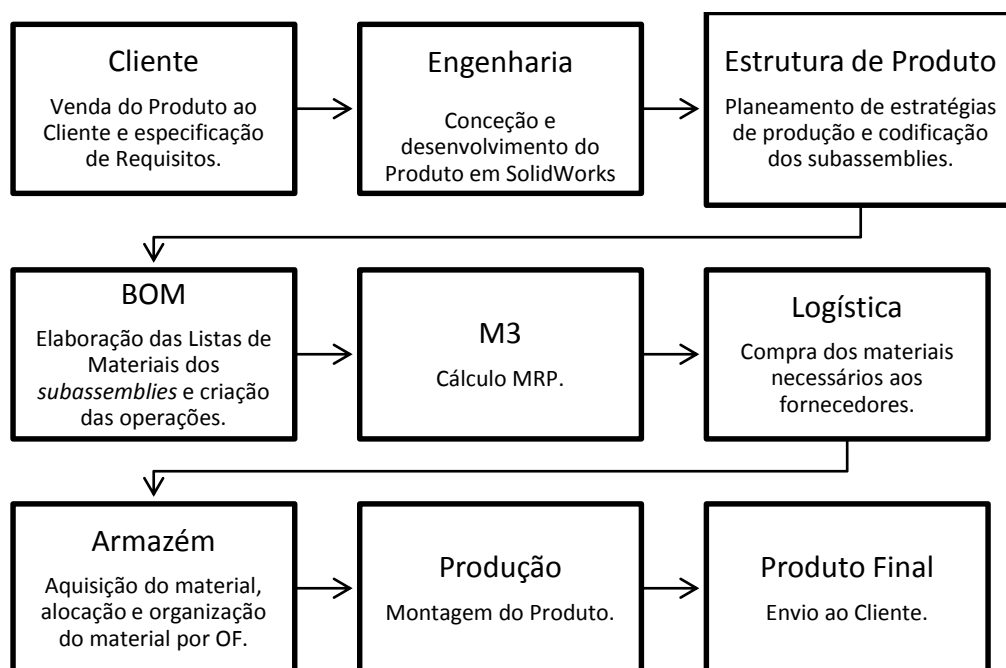


Figura 2.4 – Processo de uma lista de materiais

A Figura 2.4 apresenta todo o processo em que as estruturas de produto estão envolvidas, desde a requisição do produto por parte do cliente até à entrega deste nas suas instalações.

A Figura 2.5 apresenta um fluxograma generalizado com as principais etapas de desenvolvimento de um produto. Para que um produto possa ser fabricado é necessário haver uma proposta/encomenda do cliente para de seguida ser efetuado todo o trabalho de engenharia - conceção e desenvolvimento.

Após a finalização do projeto por parte da Engenharia é desenvolvida a estrutura de produto, que embora possa ser feita em paralelo com os trabalhos de engenharia, a BOM apenas é colocada no sistema de planeamento da empresa ou MRP, quando os *subassemblies* respetivos estiverem finalizados. A Zeugma utiliza a aplicação de *software* M3 - *Lawson Smart Office* para apoio ao planeamento. A integração das estruturas de produto na Produção é efetuada nesta aplicação e é descrita genericamente no Capítulo 4 e detalhadamente no Capítulo 5.

Quando a estrutura de produto se encontrar completa com todas as especificações necessárias, esta é liberta dando origem às Ordens de Fabrico (OF), as quais geram automaticamente as necessidades de todos os produtos colocados na BOM para o Departamento de Compras que procede então à encomenda de todos os componentes necessários.

Após serem efetuadas as encomendas aos fornecedores respetivos, todos os artigos passam por vários procedimentos. É feita a receção/entrada dos artigos no armazém, sendo todos eles contabilizados e passados por um posto de controlo de qualidade. Após

aprovação, são distribuídos e colocados em locais específicos para que o Departamento de Produção possa proceder à sua recolha de forma mais rápida e eficiente passando então a efetuar a montagem do produto.

Quando o produto se encontra totalmente montado, são executados vários testes de funcionamento da máquina e é feita a aprovação desta para que possa ser entregue ao cliente com todos os requisitos solicitados. A importância da BOM é aqui demonstrada, uma vez que desde que é construída, esta intervém em todos os processos que são necessários para que uma máquina seja produzida.

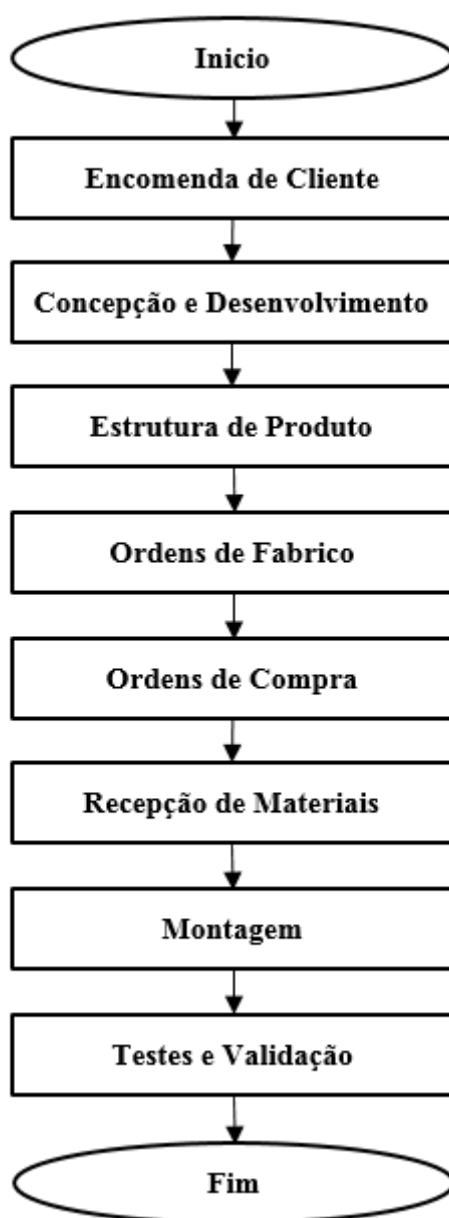


Figura 2.5 – Fluxograma global das etapas para o desenvolvimento de um produto

3. CODIFICAÇÃO

3.1 Considerações Gerais

As empresas têm vindo a desenvolver técnicas de gestão, qualidade e de eficiência adaptadas às suas necessidades. Tais técnicas são cada vez mais importantes e vantajosas, pois com o aumento do mercado e da consequente competitividade entre as empresas, esta necessidade tem vindo a aumentar exponencialmente.

Várias empresas apresentam fluxos de produtos. De modo a facilitar o tratamento de toda a informação, existe a necessidade de codificar todos os artigos, produtos, *subassemblies*, etc. Tudo o que pertence a uma *Bill of Materials* (BOM) apresenta um código. A codificação surge devido à necessidade de identificar e classificar todos os artigos, segundo determinados critérios definidos pelas empresas [5].

Um sistema de codificação deve ser rigoroso, flexível e homogêneo na quantidade de caracteres na sua composição. Cada artigo deve apresentar um único código e esse código, por sua vez, deve ser único. A codificação deve ser definida de modo a que as diferentes variantes de um produto sejam de identificação fácil, devendo permitir diferenciar a classe/grupo/função a que o produto pertence. O sistema de codificação também deve permitir, de uma forma fácil, introduzir um novo artigo, uma nova classe ou família, sem destruir a lógica de codificação de todos os outros artigos [5].

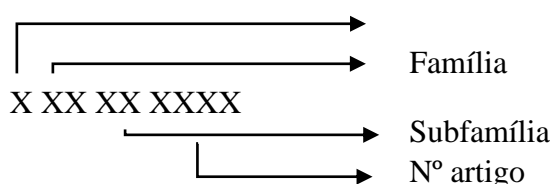
A codificação pode ter por base vários tipos de sistemas. Existem três tipos principais de sistemas: os sistemas analíticos/simplificativos; sequenciais; e mistos [5]. Cabe a cada empresa escolher o tipo de sistema que mais se adapta ao seu tipo de negócio.

Num sistema analítico, o código é dividido em várias partes em que cada parte tem como objetivo descrever uma característica e/ou função do produto, sendo este sistema complexo e o mais utilizado na indústria [5]. Apresenta a vantagem de ser possível classificar os artigos a partir do código, tendo o inconveniente do código poder ser longo demais, cabendo à empresa escolher o número de divisões necessárias.

Nos sistemas sequenciais o código não apresenta nenhum significado específico e é apenas atribuído um número ao produto de uma forma cronológica ou aleatória. Os artigos são registados logo à entrada na empresa quando entram em *stock* ou quando entram no processo de produção [5]. Este sistema possui a desvantagem de não haver outro tipo formal de identificação. Este tipo de sistema é apenas aconselhado às empresas que apenas fabricam um tipo de produto. Por sua vez, o código nos sistemas mistos é composto por um parte analítica e outra sequencial, sendo este tipo de codificação também escolhido por algumas empresas.

A leitura da codificação é feita da esquerda para a direita, em que primeiro se identifica o conjunto de artigos pelas suas classes/funções, podendo-se distinguir facilmente as matérias-primas, componentes produtos acabados, etc. De seguida identifica-se a família de cada artigo consoante a classe e as várias subfamílias. Por último apresentam um número sequencial dentro de cada divisão a que pertencem.

Podem surgir algumas dúvidas para as empresas quanto ao número de dígitos de um código. Debatendo-se com a existência de poder haver um elevado número de caracteres, o qual apresenta a vantagem de representar facilmente uma grande diversidade de componentes, embora seja mais complexo, ou apresentarem um menor número de dígitos de modo a facilitar o processo. No entanto, podemos verificar que um código, para que seja de fácil identificação, terá de apresentar pelo menos quatro divisões:



A codificação pode ser vista como uma ferramenta de auxílio para a gestão e controlo dos projetos. Se esta não for bem definida e organizada estes podem não correr de acordo com as perspetivas iniciais da empresa. Deve ser bem definida pois quando são vendidos vários produtos, estes devem apresentar códigos em concordância com as especificações e funções de cada máquina.

A “não codificação” pode ter consequências graves na gestão de armazém, financeira e contabilística, e na gestão da implementação e execução de um projeto. Poderão ocorrer desentendimentos e gerar pressão entre os trabalhadores. Enquanto com a elaboração de uma codificação apropriada e bem definida a empresa apresentará vantagens em todas as secções e departamentos, influenciando tudo e todos na empresa.

A codificação apresenta determinadas regras consoante o tipo de empresa, adaptando as mesmas à área de cada uma. Esta aplica-se a todos os tipos de artigos, produtos, subprodutos, montagens, serviços e a artigos/produtos subcontratados. Para cada tipo existe uma codificação adequada, que é identificada e documentada de modo a que todos os elementos de uma empresa sigam as mesmas regras e ideais.

Tal como acontece com a codificação, se o planeamento e a organização não forem realizadas, o processo não correrá bem, e o produto poderá ser executável, mas não de acordo com as previsões iniciais. Como resultado poderão ocorrer graves consequências, tanto a nível financeiro, como a nível da organização de uma empresa.

3.2 Estrutura da Codificação

Nesta secção irá ser descrito o tipo de codificação adaptado à empresa em questão com exemplos e casos específicos.

A codificação consiste na identificação de cada artigo, produto, *subassembly* ou serviço consoante o seu tipo/função principal. Visto que a empresa pode fabricar vários tipos de máquinas semelhantes, há a possibilidade de existirem diversos produtos com a mesma função. Deste modo, surge a necessidade de especificar detalhadamente cada tipo de função, criando-se assim as diversas famílias e subfamílias. As famílias referem-se ao segmento da aplicabilidade da função e a subfamília refere-se ao tipo de produto. Todos os artigos de conceção da Zeugma são codificados de acordo com a família a que pertencem, bem como a sua subfamília.

O código para cada artigo apresenta uma determinada hierarquia que agrupa os artigos verticalmente de modo a identificar a sua aplicação consoante o negócio da empresa. A hierarquia de artigo fornece uma forma flexível e lógica para efetuar uma pesquisa de artigos e agrupar os mesmos para posteriormente serem feitas estatísticas e controlo. Apresenta também o objetivo de facilitar não só a identificação destes, mas também a sua existência, ou seja, se existe ou não em armazém e a quantidade disponível para consumo, executar e melhorar a sua gestão. Um código apresenta uma hierarquia específica que deve seguir determinadas regras (regras de codificação). A codificação na empresa em questão apresenta um número máximo de cinco níveis, sendo o comprimento para cada nível apresentado no exemplo que se encontra na Tabela 3.1:

Tabela 3.1 – Divisões da codificação

Grupo	Função	Família	Subfamília	Nº Sequencial
X	X	XXX	XXX	XXXXXXX

Como se pode verificar na Tabela 3.1 os códigos apresentam cinco níveis hierárquicos, como já foi referido anteriormente, estes são:

- Grupo - Identifica o tipo de artigo;
- Função – Identifica a função de cada artigo;
- Família - Apresenta uma função mais específica do grupo;
- Subfamília – Apresenta uma função mais específica da família;
- Número Sequencial – Incremento automático, representa o número de artigo dentro da respetiva família.

Os quatro primeiros níveis podem apresentar números iguais em vários artigos enquanto o número sequencial fará a distinção entre estes. O grupo e a função apresentam um dígito cada um; a família e a subfamília três dígitos cada; e por último o código apresenta um número sequencial de sete dígitos. Sendo o comprimento total de um código de quinze dígitos.

Cabeçalho Ecrã	
Nr do artigo:	210060010000228 M10X20-07000-DIN912-CL12.9
Nível Hierárquico	
Nív 1 hierarq:	21 MECHANICAL COMPONENTS
Nív 2 hierarq:	21006 FASTENERS
Nív 3 hierarq:	21006001 SCREWS
Nív 4 hierarq:	

Figura 3.1 – Exemplo de níveis hierárquicos na codificação

A Figura 3.1 apresenta um exemplo da estrutura de codificação para um parafuso. O parafuso pertence ao Grupo 2 como sendo um artigo de compra/*standard*, à Função 1 referente aos componentes mecânicos, à Família dos *fasteners* e à Subfamília dos *screws*. Gerando o código 21006001 com o número sequencial 228, dando assim origem ao código 210060010000228.

Com este exemplo podemos verificar que uma codificação bem definida dentro de uma empresa apresenta vantagens em todos os setores e departamentos. Todos os elementos da empresa conseguem identificar o tipo de artigo pela sua codificação. Sabendo que um “21” se trata de um componente mecânico, enquanto por exemplo, um “24” já se trata de um componente elétrico. De seguida, pelo “006001” já se consegue identificar que é um parafuso. O código é algo que permite facilmente distinguir cada artigo que se encontra numa lista de materiais, permitindo assim uma melhor gestão das mesmas, tando em termos de pesquisa de qual o parafuso aplicado, como na verificação se os artigos não estão em falta.

Quando um elemento da empresa cria um artigo, sabendo perfeitamente do que se trata, terá de seguir a codificação definida, e definir uma designação (nome) e uma referência para o artigo. No entanto, nem todos seguem os mesmos princípios quando se trata de preencher estes últimos campos. Por exemplo, no caso em que alguém coloque numa referência apenas “M8” para criar na base de dados da empresa uma anilha e fazer a sua requisição. Esta referência não é suficiente para identificar um artigo porque se pode tratar, por exemplo, de uma anilha, de uma porca ou de uma bucha. Os outros elementos da empresa podem identificar o artigo não só pela designação, se for bem definida, como também pelo código. Para os exemplos referidos a codificação correta seria:

“21006001” – Parafusos;

“21006002” – Anilhas;

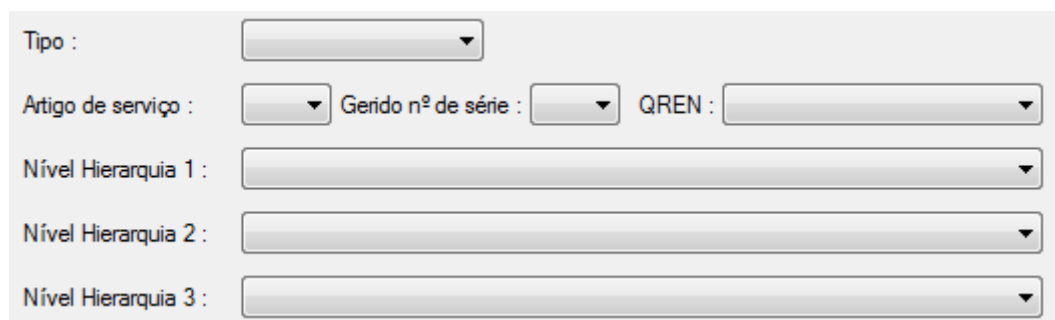
“21006008” – Buchas.

3.3 Produtos, Subprodutos e Artigos

Com a necessidade de elaboração das estruturas de produto foi necessário criar uma codificação e regras para a mesma. Visto que a estrutura é dividida por montagens e sub-montagens, a codificação para as diversas estruturas de produtos deve sempre ter em conta a função/tipo de cada montagem.

Consoante o que se pretende tratar é necessário referir a distinção que existe entre produto, subproduto e artigo. Um artigo deve ser tratado de modo diferente quando comparado com um produto ou subproduto. Um produto é constituído por vários artigos e/ou por outros produtos, subprodutos e serviços, enquanto um artigo não apresenta estrutura tratando-se apenas de um artigo de compra. Um subproduto, mesmo fazendo parte da estrutura de um produto pode ser considerado à parte como sendo um produto. Um cliente pode pretender comprar um produto, que será constituído por subprodutos e estes, por sua vez, por artigos e por outros subprodutos. Poderá também pretender comprar à parte apenas um dos subprodutos pertencentes a uma determinada máquina.

Um subproduto trata de uma função particular do produto. Este poderá ser tratado como produto, em qualquer momento, mas como especifica uma função mais detalhada da função principal é designado por subproduto. Deste modo, é criada uma função particular ou subfunção que especifica as principais áreas de desenvolvimento de uma empresa, dando assim origem à estrutura de produto. A estrutura do produto apresenta uma estrutura ou base que integra os subprodutos pertencentes a esse produto. Para cada tipo de função principal poderão surgir famílias e subfamílias distintas consoante as necessidades de cada uma.



O formulário apresenta os seguintes campos:

- Tipo : [dropdown]
- Artigo de serviço : [dropdown] Gerido nº de série : [dropdown] QREN : [dropdown]
- Nível Hierarquia 1 : [dropdown]
- Nível Hierarquia 2 : [dropdown]
- Nível Hierarquia 3 : [dropdown]

Figura 3.2 – Estrutura da criação de um artigo

A Figura 3.2 apresenta o *Add-on* que permite fazer a inserção de novos artigos na base de dados da empresa. Dependendo do que se pretende criar é necessário escolher primeiro o tipo de artigo, se é um artigo de compra, um produto ou um subproduto. Por defeito ao ser preenchido o tipo de artigo, no “Nível Hierárquico 1” apenas aparecem as opções para escolha da função, referente apenas ao tipo de artigo que se escolheu.

De acordo com o tipo de artigo/produto, o primeiro número presente no código diz respeito ao grupo em que se enquadra o artigo/produto. A Tabela 3.2 apresenta o número utilizado para cada grupo.

Tabela 3.2 – Codificação do grupo

Grupo e função	
2X; 3X; 4X	Artigos <i>Standard</i> – Item indivisível, concebido e produzido por outros fabricantes, destinado à movimentação de compra e venda.
51	Artigo Zeugma - Artigo indivisível concebido pela Zeugma, produzido por outros fabricantes, destinado à movimentação na compra e venda.
59	Produto Zeugma – Produto concebido, montado e testado pela Zeugma, composto por artigos <i>standard</i> , artigos Zeugma, operações, serviços e outros produtos Zeugma.
52	Subcontratações – Serviços subcontratados.
6X	Subprodutos, artigos desenvolvidos pela empresa - Subproduto.

No caso de o artigo ser fornecido por uma entidade externa é do tipo “Comprado”, bem como os artigos de conceção da empresa mas fabricados por outro fornecedor. Caso seja um serviço ou uma subcontratação serão do tipo “Produzido”. Se se tratar de um artigo desenvolvido e fabricado pela própria empresa então é do tipo “Subproduto”.

Seguidamente é necessário preencher os campos mais importantes, os que geram o código, ou seja, escolher a hierarquia do produto/artigo. A Tabela 3.3 apresenta um exemplo de uma das funções do Grupo 6, com as respetivas famílias e subfamílias. A primeira função do Grupo 6 destina-se a montagens dos vários tipos de estruturas da máquina, sendo designada como “*Structure*”. A codificação destes *subassemblies* inicia-se com um “61”. Dentro da empresa definiu-se, até ao momento, que esta “função” poderia apresentar várias subfamílias, tais como montagens de estruturas/“esqueleto” da máquina ou de outros componentes, suportes/base da máquina, proteções, plataformas, portas partes da estrutura referentes à segurança, etc.

Para todas as montagens que influenciarem a estrutura de uma máquina, como sendo parte dela ou acessório da mesma, a sua codificação começará por “61”.

A família e a subfamília variam de acordo com o que se pretende. No caso de não existir a divisão pretendida ou mais apropriada, esta pode ser criada pelos Chefes de Produção, que decidem qual a família, subfamília, e em que funcionalidade se aplica, bem como a designação do mesmo. Este aspeto é importante porque, ao longo do tempo, e conforme o decorrer da produção de novas máquinas, e uma vez que se trata de uma empresa que

desenvolve protótipos, haverá sempre a necessidade de adicionar novas famílias e subfamílias à estrutura da codificação.

Tabela 3.3 – Exemplo de uma estrutura de codificação para os *assemblies*

Funcionalidade	Família	Descrição	Subfamília	Descrição
1 - Structure	001	Frame	001	Frame
	002	Cover	001	Cover
	003	Base/Foundations	001	Base
	004	Platforms	004	Platforms
	005	Doors & Guards	001	Doors & Guards
			002	Doors
			003	Guard
	006	Safety devices	001	Stopper
	007	Facilities	001	Ducts
			002	Enclosures

A extensão dos códigos não deve ser muito grande, pois é pretendido que a informação esteja centrada em determinadas regras, e no caso de haver a criação de muitas famílias e de grupos, a lista iria ser muito grande, o que dificultaria a consulta da mesma bem como a sua organização. Deste modo, não podem ser criadas novas famílias sempre que se procede à fabricação de uma nova máquina. A informação que se pretende alocar em cada grupo, família e subfamília terá de ser genérica para muitas montagens independentemente da função principal de cada máquina.

Neste tipo de codificação para além de envolver a organização e gestão da empresa verificamos que, tanto a codificação dos artigos como de produtos e de subprodutos apresentam a mesma importância e os mesmos objetivos, tanto no que diz respeito à sua identificação como também no que se refere a estatísticas e ao controlo.

No Anexo A encontra-se uma tabela com a codificação de vários artigos de compra da empresa, bem como a codificação adaptada aos diversos *subassemblies*.

3.4 Estrutura de Produto

O trabalho desenvolvido neste estágio foi focado nas estruturas de produto. A estrutura de um produto consiste na divisão de todas as montagens que são relevantes para uma máquina. Aos “olhos” de uma empresa, na perspetiva da gestão de projeto e dos engenheiros envolvidos na produção, a fabricação de uma máquina não apresenta apenas uma montagem, mas sim várias montagens. Essas montagens são tratadas como *assemblies* e/ou *subassemblies*, mecânicos ou elétricos, consoante a área em que se inserem. Assim, uma máquina terá tantos *subassemblies* quantos os necessários para a sua fabricação/produção.

A Figura 3.3 apresenta uma estrutura hierárquica em que no topo da hierarquia é apresentado o Produto Final, que é dividido em três montagens principais, e onde por sua vez essas montagens se encontram divididas noutras montagens. Cada divisão é constituída pelas respetivas subdivisões, bem como pelo material e informação que são necessários para a execução dessa mesma montagem, e assim sucessivamente - cada subdivisão também pode conter outras subdivisões e o respetivo material necessário.

No exemplo da Figura 3.3 a “Montagem A” necessita de duas sub-montagens para se poder proceder à sua própria montagem. A “Montagem A” contém o código da montagem “A1” e da montagem “A2”, bem como toda a lista de materiais para a sua própria montagem. O código da “Montagem A1” contém o material necessário apenas para ser executada essa montagem.

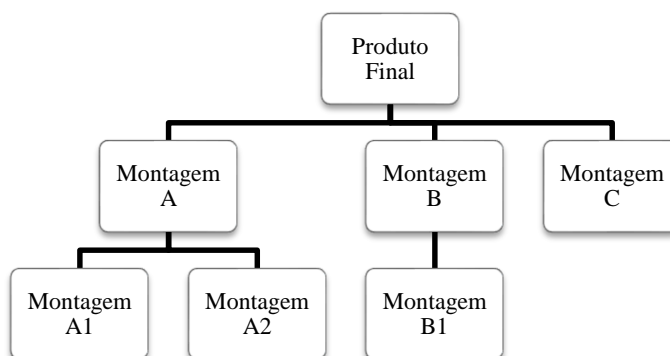


Figura 3.3 – Exemplo de uma estrutura

Tais estruturas são feitas com base na construção de uma máquina em *SolidWorks*. Os Engenheiros Mecânicos executam a construção mecânica da máquina e, com base nos *subassemblies* que estes executaram, é definida a estrutura base da máquina que é complementada pela parte elétrica bem como por todos os trabalhos complementares necessários para o desenvolvimento da mesma.

Deste modo, para elaborar um estrutura é necessário ter em conta se vale apenas proceder a cada subdivisão, pois visto serem previstos os tempos de montagem para cada, existem divisões que podem demorar um tempo relativamente pequeno, por exemplo dez minutos, o que não justifica a saída de um ordem de fabrico para a mesma.

Para haver uma noção de como é elaborada a estrutura de uma máquina consoante a data de entrega ao cliente, é apresentado na Figura 3.4 um exemplo de uma estrutura, para a fabricação de um automóvel.

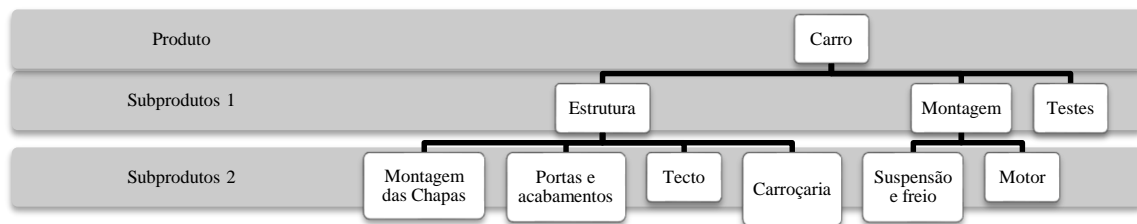


Figura 3.4 – Exemplo da estrutura para a montagem de um automóvel

Sabendo que um automóvel demora cerca de vinte e quatro horas desde o início das primeiras montagens (Subprodutos 2) até ao final da última montagem (Produto), a estrutura tem de estar dividida de modo a cumprir o prazo de entrega. As subdivisões são feitas tendo em conta os tempos de montagem, as datas de entrega dos materiais e a possibilidade de montagem paralela das mesmas, de modo a cumprir todos os prazos.

Dentro de cada produto/subproduto poderão existir subcontratações, tais como, trabalhos de pintura, alterações do físico da peça (furações, rasgos, cortes), entre muitas outras

operações em que é necessário recorrer a serviços externos. A montagem da estrutura do automóvel apresenta uma duração de oito horas para efetuar a colocação dos painéis, carpetes, estofamentos laterais e dos bancos. Esta inclui trabalhos de subcontratação, tais como a pintura, corte das chapas, fabrico de outros componentes bem como outros acabamentos necessários. Assim, são apresentados alguns exemplos do que poderá ser incluído numa BOM (Figura 3.5):

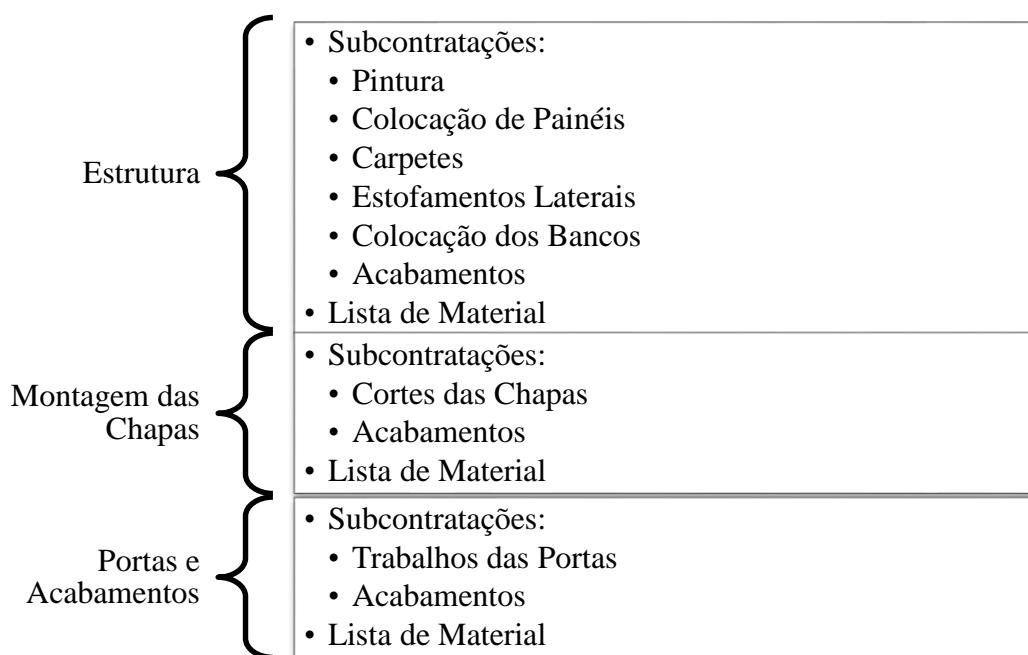


Figura 3.5 – Exemplos da informação contida nas BOMs

A estrutura não se aplica somente a montagens. Um dos pontos de discussão na empresa, devido à nova implementação das estruturas e codificação, foi como executar a necessidade de compra para um artigo que incluí uma subcontratação. Os artigos compostos foram um tópico que levou ao levantamento de muitas dúvidas visto se tratar de um assunto que, para além de complexo é subjetivo, pois existem várias opiniões referentes ao código bem como às quantidades. A estrutura para um artigo composto é bastante semelhante à estrutura do artigo, tendo o “Pai” os respetivos “Filhos”. Esta estrutura encontra-se representada na Figura 3.6.



Figura 3.6 – Estrutura de um artigo composto

A estrutura de um artigo composto é idêntica à de um produto ou subproduto. O artigo em si é o “Pai” que é constituído pelos “Filhos”. Dentro do artigo composto deve-se encontrar o artigo de compra, que apresenta o código do mesmo referente apenas ao artigo, e uma subcontratação com a descrição do trabalho a ser executado por outro ou pelo mesmo fornecedor. Porém, é necessário existir esta hierarquia, uma vez que, como o artigo inclui uma subcontratação, passa a não ser o “mesmo”.

Como exemplo apresenta-se a estrutura de um artigo composto na Figura 3.7, onde necessário executar uma furação no armário do quadro elétrico para a passagem dos cabos. O armário já furado não irá apresentar o mesmo código que o armário sem furação, pois em caso de ser necessária a compra de um armário igual mas sem furação, será pedido apenas o código do próprio artigo. Em caso de haver a necessidade de no mesmo armário haver apenas um furo com dimensões diferentes, o código do artigo composto será diferente, embora o armário (com o mesmo código) seja o mesmo. Para um armário com furação será utilizado um “52”, com inserção do código do armário (“24”) assim como a “Subcontratação-Furação”. No caso de ser necessário o armário sem furação, é apenas solicitado o código do próprio artigo, o “24”, daí ser necessário efetuar a distinção entre estes dois casos.

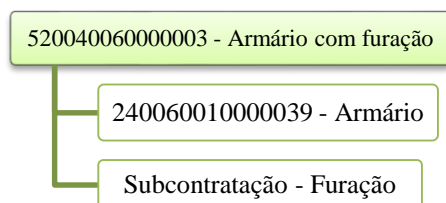


Figura 3.7 – Exemplo específico para um artigo composto

4. INTEGRAÇÃO EM PROJETOS

A codificação e estruturas de produto desenvolvidas configuram a base de um novo sistema de gestão de projetos para a empresa. Estas foram testadas e integradas em ambiente de produção na conceção e produção de máquinas específicas. Esta integração foi concretizada na aplicação de *Enterprise Resource Planning* (ERP) da empresa - *Lawson Smart Office M3*.

Inicialmente foi criado um projeto piloto para uma máquina concreta produzida pela empresa que foi testado no “Modo de Teste” do *software* de ERP. Posteriormente, e tendo em conta o sucesso do projeto piloto, a codificação desenvolvida passou a integrar o projeto de todas as máquinas produzidas.

Neste capítulo apresenta-se a aplicação de ERP, o teste piloto e uma descrição geral dos projetos em que o novo sistema de codificação foi implementado pela Estagiária.

4.1 *Lawson Smart Office M3*



Para a execução das atividades do estágio e integração da codificação e estruturas de produto no processo de produção, foi necessário a participação numa formação sobre a aplicação de ERP utilizado na empresa – *Lawson Smart Office M3*. Tal formação incluiu as bases necessárias para a realização e compreensão das atividades previstas e teve como temas principais a “Estrutura de Produto”, as “Requisições das Ordens de Compra” e a “Pesquisa de Artigos”.

O *Lawson Smart Office* é um sistema bastante complexo de ERP que abrange todas as áreas e departamentos de uma empresa. Oferece bastante flexibilidade nas operações, adaptando-se às necessidades de negócio para cada tipo de empresa.

A *Lawson* é uma empresa de *software* de planeamento de recursos empresariais, tem mais de 4500 clientes, 4000 funcionários e escritórios em mais de 40 países em todo o mundo [7]. A *Lawson* oferece uma gama ampla de aplicações de ERP e soluções industriais específicas para pequenas, médias e grandes empresas. A Linha M3 da *Lawson* é adaptada para as indústrias de distribuição e fabricação [7].

O M3 (*Lawson Smart Office M3*) tem duas aplicações principais:

- Ambiente de Produção – É o sistema real, em que toda a empresa trabalha e que contém todos os dados e acontecimentos em tempo real;
- Ambiente de Testes – Embora igual ao anterior, permite que todas as aplicações, dados, informação, etc, sejam testados sem que tal

comprometa os dados reais da empresa, facilitando a compreensão e aprendizagem sobre todo o funcionamento da aplicação.

A única diferença visível entre os dois ambientes é a cor do ambiente de trabalho, sendo o ambiente de teste verde e o real azul, como se pode visualizar na Figura 4.1.

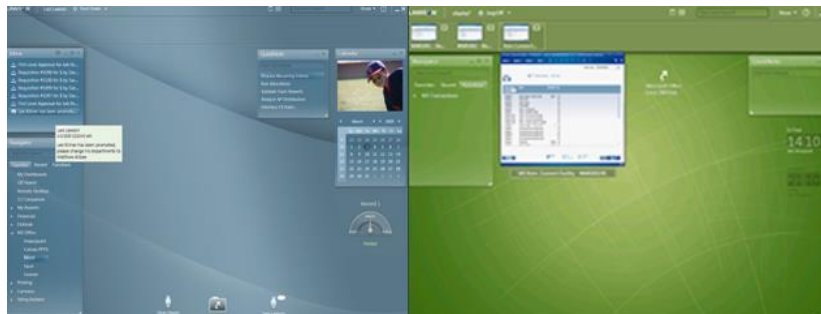


Figura 4.1 – Ambiente de produção à esquerda e ambiente de testes à direita – M3

4.2 Projeto Piloto

Antes de colocar em prática um novo projeto ou técnica é necessário testá-la primeiro. Com o objetivo de implementar o novo método de gestão de um projeto foi criado o projeto piloto para uma máquina no ambiente de testes do M3.

Todo o trabalho de codificação teve início para um Projeto Piloto. As estruturas de produto são uma nova ferramenta e um novo procedimento adaptado pela empresa. Este teve de ser testado no ambiente de testes, ou seja, para um projeto de experimentação. Este teste teve como objetivos não só testar a fiabilidade do processo mas também explorar a ferramenta em si, aprendendo a executar e a prever possíveis erros que poderiam surgir posteriormente.

O projeto piloto foi executado para uma máquina que já apresentava encomendas do cliente, sendo já prevista a sua data de exportação. A máquina é designada de ALIA2. Esta máquina efetua o tratamento por plasma e corona do papel utilizando cabeças de tratamento superficial e respetivas fontes de alimentação. Pode ser adaptada a diversos procedimentos tais como em aplicações de impressoras ou colagens de plástico, metal, vidro, madeira ou em outros substratos de difícil adesão. Tais procedimentos podem ser necessários para o tratamento superficial de cabos, componentes para a indústria automóvel e para a indústria gráfica.

A máquina já tinha sido produzida anteriormente, já se encontrava desenhada em *SolidWorks*, o que tornou o processo mais rápido. A extração das listas iniciais de materiais foi feita pela Engenharia Mecânica. As listas foram organizadas e divididas pelas várias submontagens.

A estrutura foi desenvolvida tendo em conta todos os procedimentos que a máquina necessita (*subassemblies*), bem como os tempos de fabricação das várias partes e as datas em que cada montagem teria de estar pronta, de modo a que pudessem ser produzidas a tempo, tendo em conta os recursos disponíveis.

A estrutura foi colocada no ambiente de testes do M3 para ser executada a análise do procedimento no sistema. Após a criação da estrutura, com os respetivos códigos para cada *subassembly* e a colocação dos materiais no M3, incluindo as quantidades necessárias para a fabricação de um determinado subproduto, foi necessário também inserir as operações para cada montagem. Estas podem ser operações mecânicas ou elétricas, consoante o que se pretende fabricar. Para além desta diferenciação também está incluído nas operações definir o tempo de cada montagem bem como a quantidade de recursos necessários para a execução das mesmas. Esta informação é fornecida pelo responsável das respetivas montagens, sejam ela mecânicas ou elétricas.

Neste ponto a estrutura encontra-se no M3 com os códigos para cada *subassemblies* e com as respetivas listas de materiais inseridas. É então necessário efetuar a ligação hierárquica para as montagens, construindo assim a estrutura do produto.

Verificou-se a partir dos testes que se algum código de um *subassembly* estiver no estado “10” (“Artigo Provisório”) não é permitido libertar a estrutura. Estes códigos têm de passar para o estado “20” (“Artigo Libertado”) bem como o estado da estrutura também terá de passar ao estado “20”. Este procedimento é necessário, pois é exigido executar uma aprovação de todos os artigos e estruturas que são criadas no M3.

No desenvolvimento do projeto piloto e dos projetos em produção, a alteração do estado do código da montagem foi uma responsabilidade da Estagiária enquanto o estado da estrutura é apenas aprovado pelo responsável de cada montagem. O mesmo procedimento também tem de ser efetuado para todos os artigos que estão nas listas de materiais. Caso alguém do Departamento de Engenharia tenha criado um artigo e se este não estiver aprovado pelas Compras (estado “20”), ao ser liberta essa lista, esse artigo não irá aparecer nas ordens de fabrico, será invisível, não se refletindo assim nas compras. Como consequência, o artigo não irá ser encomendado nem os operadores de montagem saberão que esse artigo pertence à ordem de fabrico respetiva.

Quando toda a estrutura está no estado “20”, bem como os seus códigos e artigos, é necessário libertar o código “Pai” que já apresenta uma ordem de fabrico planeada à espera de ser liberta pelo Responsável da Produção. A partir do momento em que existe uma encomenda do cliente, o código de venda ao cliente passa para o estado “20” pelo Departamento de Vendas, e consequentemente gera uma ordem de fabrico planeada. Ao libertar o código “Pai”, são geradas Ordens de Fabrico (OFs) planeadas para todos os *subassemblies* da máquina. O responsável de cada um deles planeia a data em que cada montagem deve ser iniciada, e consoante as horas presentes nas operações, o M3 executa o cálculo para todo o planeamento no momento em que todas as OFs são libertadas. Ou

seja, as OFs planeadas passam a firmes. Assim, são calculadas todas as datas de compra dos materiais bem como as datas de finalização de cada montagem. No caso de os materiais não poderem ser fornecidos a tempo nas instalações da empresa é lançado um alerta tanto para o Departamento de Compras como para os Responsáveis da Produção.

4.3 Projetos em Produção

4.3.1 Máquina ALIA2

A Estagiária esteve envolvida em todas as estruturas de produto que foram desenvolvidas na empresa no período de estágio. Após o teste piloto descrito na Secção 4.2 ter sido realizado para a primeira máquina, foram desenvolvidas estruturas para mais sete máquinas semelhantes à primeira, que foram produzidas posteriormente.

A primeira máquina era constituída com oito cabeças de plasma para fazer o tratamento do papel, o que implica uma estrutura específica. As quantidades dos artigos, tanto da parte elétrica como da parte mecânica são diferentes quando comparadas, por exemplo, com a terceira máquina que apresentava sete cabeças de plasma. As estruturas desenvolvidas foram todas semelhantes com exceção das quantidades de fabricação da montagem das cabeças que seriam diferentes. A Figura 4.2 apresenta um exemplo para o referido anteriormente em termos das quantidades dos artigos.

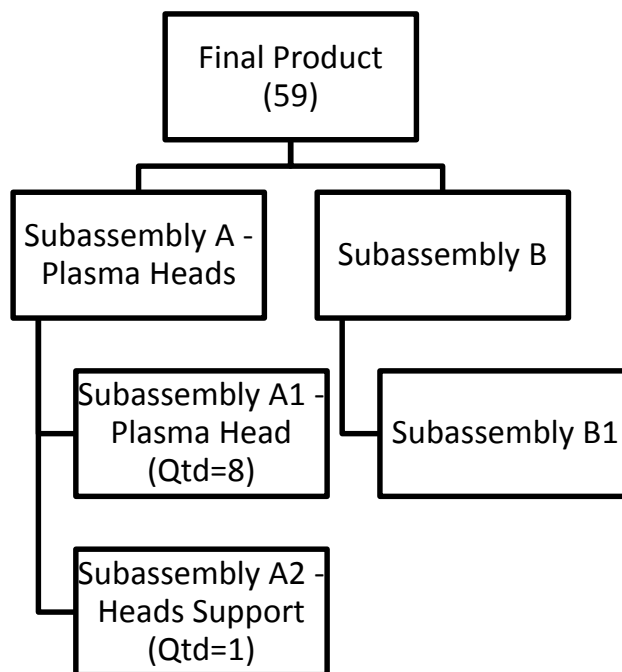


Figura 4.2 – Exemplo de estrutura para a máquina ALIA2

No caso da primeira máquina, o *subassembly* “A” manda fabricar oito vezes o *subassembly* “A1”, no caso das outras máquinas a quantidade pode ser ou não diferente. A parte elétrica também apresentou listas de materiais diferentes para cada máquina, pois não só a quantidade das cabeças implica quantidades de materiais diferentes, mas também a distância entre os quadros elétricos e as várias máquinas eram diferentes.

No início optou-se por criar códigos diferentes para cada máquina, pois as alterações e as diferenças entre cada uma não justificavam apresentar códigos iguais. No entanto, no decorrer do projeto e ao encerrar todas as OFs, ocorreram problemas de logística, pois o que de facto se vendia ao cliente era o “59” da máquina, um “59” com as cabeças adicionais. Como a estrutura estava dentro do primeiro “59”, todo o custo do projeto

estava inserido apenas nesse, enquanto o outro “59” estava sem custos. Sendo um processo novo dentro da empresa, esta informação era desconhecida por alguns departamentos. No entanto, serviu para melhorar todo o processo para máquinas futuras.

O ideal no caso referido seria contruir uma estrutura base para uma máquina com cinco cabeças de plasma, e uma estrutura base com todos os materiais extras para a aplicação de uma cabeça adicional. Visto que algumas máquinas apresentavam oito cabeças, seria necessário apenas fabricar o “59” das cabeças adicionais mais três vezes. Este caso permite verificar a importância de uma estrutura de produto estar bem desenvolvida, estruturada e planeada. Só assim todo o processo ocorrerá de forma eficaz, uma vez que a estrutura tem influência em todos os departamentos da empresa.

4.3.2 *Sensory Machine*

Uma outra estrutura de produto em que a Estagiária esteve envolvida durante o período de estágio foi na elaboração das listas de materiais para uma máquina designada de *Sensory Machine*. Esta é uma máquina que efetua o embalamento de palhinhas. Foi inicialmente desenvolvida e vendida, no entanto, necessitou de determinadas alterações posteriores solicitadas pelo cliente.

Foi elaborada a estrutura hierárquica para a montagem da máquina de forma a apresentar toda a informação organizada e distribuída pelos diversos *subassemblies*. A lista de materiais da máquina não se encontrava completa nem atualizada. Alguns dos artigos não apresentavam códigos e outros apresentavam o código antigo, referente ao antigo sistema utilizado pela empresa, pelo que tiveram de ser criados novos códigos para esses artigos na base de dados do M3. O procedimento para a execução das *Bill of Materials* (BOMs) da máquina foi baseado na identificação dos componentes, utilizando a pesquisa por referência do código respetivo.

A Estagiária esteve envolvida em todos os procedimentos de adaptação dos vários departamentos da empresa ao novo sistema de codificação e que envolvem a utilização do M3, assim como nos procedimentos de melhoria que serão descritos no Capítulo 6..

4.3.2 Máquina “*Upgrade System Final Tests and Boot Assembly*”

A máquina “*Upgrade System Final Tests and Boot Assembly*” integra-se numa máquina maior da linha da Mercedes que trata de ignições e consiste numa última estação dessa máquina principal, e que efetua a montagem de duas partes, “*boot*” e “*potting*”, que formam a ignição, assim como executa vários testes de funcionamento.

A estrutura de produto e codificação desenvolvidas para esta máquina, assim como a sua integração em produção, são descritas detalhadamente no Capítulo 5, representando um exemplo pormenorizado do trabalho desenvolvido para cada uma das máquinas produzidas no período de estágio.

5. PROJETO DETALHADO - UPGRADE SYSTEM FINAL TESTS AND BOOT ASSEMBLY

5.1 Considerações Gerais

Como já foi referido no Capítulo 4, ao longo do estágio foram elaboradas várias estruturas de máquinas. De forma a melhor apresentar o conceito de estrutura de produto desenvolvido e todo o procedimento executado para cada máquina produzida, neste capítulo todo o processo é descrito detalhadamente para um exemplo de um projeto de uma máquina específica.

A máquina em questão é um complemento de uma máquina já existente, tendo como objetivo aumentar o rendimento da máquina principal. Esta solução industrial integra-se na última máquina da linha da Mercedes que trata das ignições. Tal como o nome indica “*Upgrade System Final Tests and Boot Assembly*”, esta última estação efetua a montagem de duas partes, o “*boot*” e o “*potting*”, que formam a ignição, e executa vários testes de funcionamento. Os testes têm o objetivo de efetuar a verificação do bom funcionamento das ignições antes que estas sejam enviadas para o cliente. O M270 e o M276 são os dois tipos de modelos de ignição que a máquina produz.

A máquina está representada na Figura 5.1. É um sistema automatizado, com reduzida necessidade de interação por parte do operador, principalmente no processo de entrada e saída dos materiais de montagem. Tem como objetivo reduzir o tempo de ciclo dos testes finais para 4,8 segundos, permitindo assim atingir mais rapidamente os volumes previstos de produção. No final de todo o processo de tratamento das ignições, a presente máquina efetua a marcação a *laser* em cada bobine de ignição que tenha um bom funcionamento, permitindo a rastreabilidade do produto fabricado.

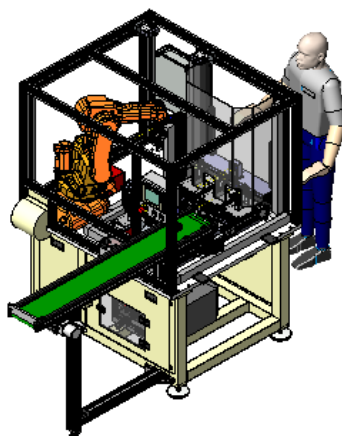


Figura 5.1 – *Upgrade System Final Tests and Boot Assembly (FT&BA)*

5.2 Lista de Materiais

Após ser feita uma proposta do cliente à empresa, a Engenharia procede à conceção da máquina. A proposta do cliente tanto pode incidir num novo projeto como num projeto que já tenha sido desenvolvido. Muitas vezes têm de ser feitas alterações nas máquinas consoante as exigências e necessidades do cliente, bem como alterações para melhoria dos produtos. As alterações de melhoria englobam toda a parte técnica de *software* e *hardware* da máquina, assim como a parte financeira.

A Engenharia ao finalizar o seu trabalho de desenvolvimento da máquina necessita de criar todos os artigos que constituem a máquina. Os artigos devem conter todas as especificações técnicas e desenhos, bem como o respetivo *order number*, *part number* (referência), a descrição mais adequada de modo a ser enviada para o fornecedor e ser reconhecida dentro da empresa, e com as quantidades necessárias. A Parte Elétrica disponibiliza todas as listas e desenhos técnicos correspondentes à parte elétrica e automação da máquina (componentes eletrónicos, cabos, especificações de motores, etc.), enquanto a Parte Mecânica deve fornecer o mesmo mas relativamente a todos os artigos mecânicos que compõem a máquina.

Após serem fornecidas as listas de materiais, é necessário proceder à sua organização e divisão consoante as várias partes da máquina.

A fabricação de uma máquina é constituída por várias sub-montagens, sendo estas montagens de partes mais pequenas que por sua vez irão constituir a máquina toda. Na máquina em questão (estação de testes) teremos a montagem da estrutura, da porta, da passadeira, do robô, que por sua vez tem como sub-montagens as garras e a parte elétrica, a parte pneumática e a montagem dos quadros elétricos e caixas.

Todas as listas de artigos fornecidos pela Engenharia são divididos pelas várias sub-montagens. Esta divisão deve ser feita tendo em conta todo o planeamento de produção. Caso uma montagem seja muito simples, requeira pouco tempo e apresente um pequeno número de artigos, não necessita de apresentar uma lista individual. Neste caso, junta-se à lista de materiais que apresenta os artigos que se encontram na montagem mais adequada à montagem simples.

Como já foi referido, todos os artigos fornecidos pela Engenharia, para que a lista seja desenvolvida, devem conter a descrição, referência e *order number*. É de salientar que podem ser fornecidos artigos que não apresentam *order number*, isto é, que ainda não se encontram especificados dentro do sistema da empresa. Muitas vezes podem ser utilizados artigos que nunca foram previamente utilizados nem comprados pela empresa, tendo assim de ser criados no sistema. Consequentemente devem apresentar um código de artigo, sendo esta a especificação fundamental para a identificação de todos os artigos. Por vezes, também poderá acontecer que, devido ao fato de haver vários artigos semelhantes no sistema, ser inserido na lista e nas próprias aplicações de engenharia, um código de artigo errado. Este pode corresponder a outro artigo e não ao que é pretendido. Para evitar tais erros é fundamental que a descrição e a referência sejam bem definidas com a melhor especificação possível, mantendo o número de caracteres que são permitidos.

Para uma lista de materiais se encontrar bem definida, deve conter, não só a descrição do artigo, referência e código, como também deve apresentar o fornecedor de cada artigo (nome ou o código do fornecedor) e a unidade de medida do artigo que irá ser consumida. Um artigo pode apresentar várias unidades de medida. Contudo, uma unidade de medida para consumo pode ser diferente da unidade utilizada para compra. Um cabo, por exemplo, é utilizado ao metro para a Produção e para a Engenharia - o mais importante é quantos metros de um determinado cabo é necessário. Já para as Compras o mesmo artigo pode apresentar como unidade de medida o rolo. Ou seja, o mais importante para quem irá comprar o artigo e negociar com o fornecedor se é mais barato comprar um rolo com X metros de cabo, ou comprar uma embalagem com X unidades de um determinado artigo. Sendo a unidade de consumo a desejada nas listas de materiais, é necessário especificar, junto com a quantidade, a respetiva unidade, e que apenas irá ser necessária na montagem de um determinado componente.

Uma *Bill of Materials* (BOM) de uma máquina não apresenta apenas os materiais necessários para a fabricação desta, deve conter todos os artigos que englobam todo o processo. Isto é, a Engenharia também deve fornecer uma lista com o material que irá ser utilizado para o embalamento da máquina, para ser executado o transporte desta até ao cliente, para além de todo o outro material para a montagem da mesma. Todas as listas de materiais devem ser disponibilizadas assim que forem elaboradas, para se poder proceder à sua verificação, planeamento, etc.

O *packing list* não necessita de ser logo disponibilizado, sendo esta a última lista a ser fornecida, pois apenas poderá ser feita quando for fornecida a informação de como a máquina irá ser transportada e de qual será o seu meio de transporte. Sendo a Zeugma uma empresa que fornece a maioria das máquinas desenvolvidas para outros países, o transporte dos produtos pode ser de avião, camião ou de barco. As especificações não necessitam de ser logo elaboradas assim que a restante estrutura é desenvolvida, contudo o *packing list* deve ser feito atempadamente, para que as caixas, paletes, etc. para o embalamento sejam fornecidos antes da data de “finalização” da máquina.

Ao longo do estágio procedeu-se à melhoria da informação contida nas listas e da sua apresentação. No início elaborou-se uma apresentação em *Excel* com toda a estrutura de produto bem como com as listas de materiais de cada *subassembly*. No entanto, com o decorrer do estágio e com o aumento da necessidade de utilização das estruturas e das respetivas listas, surgiu a obrigatoriedade de melhorar a apresentação das listas, de modo a facilitar a sua compreensão e consulta, aumentando assim o volume de informação contida nas mesmas.

As listas de materiais passaram a conter não só todas as designações, referências, códigos, quantidades e fornecedores dos artigos contidos nas listas iniciais, como passaram a apresentar também as quantidades a comprar de cada artigo, pois um *subassembly* pode ser mandado fabricar mais que uma vez. Ou seja, apresentam não só a quantidade de cada artigo utilizado em cada montagem como também a quantidade total de compra que é essencial desse mesmo artigo para produzir quantos *assemblies* forem necessários. Por exemplo, uma máquina apresenta dois motores e é a empresa que procede à sua montagem. O motor apresenta um determinado código de montagem, que irá conter todos os componentes necessários para a montagem de um motor, onde irão aparecer as quantidades necessárias para fabricar um motor. Como a máquina precisa de dois motores, não é necessário criar um novo código, pois a lista de materiais é a mesma. Deste modo, o “Pai” que contém o código do motor irá mandar fabricar esse mesmo código duas vezes, duplicando assim a quantidade dos artigos. Ambas as informações, dentro do M3, estão contidas num único ambiente, as quais também são refletidas na lista de materiais de modo a facilitar a gestão da máquina em todos os departamentos da empresa.

Adicionalmente, as listas passaram também a conter a quantidade de artigos dentro da lista, a unidade de consumo de cada material, as horas das operações, as descrições das mesmas e o número de recursos necessários para a execução de cada operação, os números das ordens de fabrico e as datas de início para cada uma, o responsável pela montagem, bem como a informação de quem entregou a lista de materiais (neste caso à Estagiária que foi quem foi responsável por também coligir esta informação).

Foi decidido também que era relevante conhecer o estado da lista e que essa informação devia fazer parte da própria lista. Casos previstos:

- Execução – A lista está em processo de colocação no M3;

- Planeamento – A lista encontra-se no M3 e está a ser feito o seu planeamento: alocação das horas e planeamento das datas de início das OFs, que se encontram em estado de OFs planeadas;
- OF Liberta – A ordem de fabrico encontra-se liberta. Nesta fase os materiais já estão a ser encomendados e as operações estão prontas a serem iniciadas ou podem estar a decorrer;
- OF Encerrada – A ordem de fabrico já se encontra finalizada, o *subassembly* nesta fase já deu entrada em produção com todos os artigos consumidos e as operações terminadas.

Procedeu-se também à elaboração de *Macros* com o acesso aos desenhos das montagens mecânicas e dos circuitos elétricos por montagem, de modo a facilitar e a tornar mais rápido o processo de consulta por parte dos operadores de montagem.

A reunião de toda esta informação tem por objetivo passar para o *Excel* toda a informação contida no M3, não só de modo a melhorar a consulta, mas também a homogeneizar toda a informação num só ficheiro, pois toda a empresa necessita de efetuar consultas das BOMs e da estrutura de produto de todos os projetos.

5.3 Estrutura de Produto

Quando é feita uma proposta ao cliente, cada proposta/venda apresenta um número de projeto, sendo este número único. Neste caso específico apresenta como número de projeto o “E140001”. Dentro de cada número de projeto encontram-se todos os produtos e/ou serviços vendidos ao cliente. Todos eles apresentam uma codificação que começa com o número “59”.

“5” → Produto;

“9” → Soluções/Produtos fabricados pela Zeugma.

Os “59’s” podem ser:

Produtos - Máquinas produzidas na Zeugma;

Serviços - Montagem da máquina nas instalações do cliente, Assistência Técnica, etc.

Outros produtos – uma sub-montagem da máquina que é fornecida à parte, como pacotes de peças, conjuntos de cabos, etc.

A máquina apresenta como código inicial o “59”, sendo esta uma estação de montagem e teste de peças, com um robô, colocada numa estação de linhas em série, foi definido como código para a máquina o “590070010000001”:

“59” → Artigo de Venda;

“007” → Montagem e teste;

“001” → Sistemas de Linha;

“0000001” → Número Sequencial.

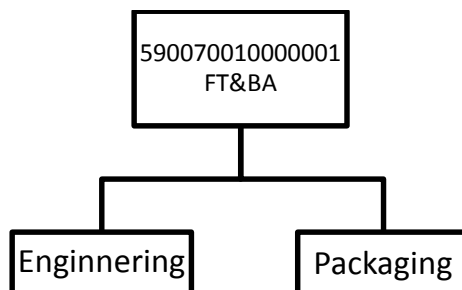


Figura 5.2 – 1.º nível hierárquico da estrutura

A estrutura de uma máquina não engloba apenas a sua montagem mas sim, todo o procedimento desde a conceção e desenvolvimento pela Engenharia, montagem e termina apenas quando a máquina se encontra embalada e pronta a ser transportada para o cliente. Ou seja, o “59” da máquina engloba todos os custos de trabalho de engenharia e montagem, bem como de todos os materiais utilizados, incluindo os materiais para embalamento da máquina.

A primeira caixa (topo da hierarquia) encontra-se encerrada, pronta para faturar apenas quando os *subassemblies* que esta apresenta (“Filhos”) estiverem finalizados. Dentro do “59” encontra-se uma caixa para a Engenharia e outra para o *Packaging*.

A estrutura é desenvolvida da mesma forma para todos os conjuntos da máquina. No entanto, após esta ser liberta, as montagens referentes à montagem/produção são designadas de Ordens de Fabrico (OFs) e as da Engenharia são designadas por Ordens de Trabalho (OTs).

A caixa respetiva à Engenharia diz respeito a todos os trabalhos elaborados pela Engenharia, representa as quatro ordens de trabalho para cada departamento: Engenharia Mecânica, Elétrica, Automação e *Software*. Todas estas apresentam quatro operações:

1. Conceção – Estudo das especificações do cliente, descrição funcional e reuniões;
2. Desenho – Levantamentos, dimensionamentos de modelos, estruturação de *subassemblies*, reuniões de *design*, etc.;
3. Documentação – Preparação dos manuais, etc.;
4. Testes - Trabalhos na Zeugma integrados na *Factory Acceptance Test* (FAT) interna ou na validação com o cliente, etc.

Cada operação, para além de conter em M3 toda a informação sobre o trabalho que deve ser executado em cada uma, apresenta também o número de recursos disponíveis e as horas de trabalho que estão planeadas para cada uma das respetivas operações.

As OTs apresentam uma codificação específica, exemplo para esta máquina:

Engenharia Mecânica – “6900100100000001”;

Engenharia Elétrica – “6900100200000001”;

Engenharia de Automação – “6900100300000001”;

Engenharia de Software – “6900100400000001”.

O “69” diz respeito à produção, “001” à Engenharia e a subfamília é referente a cada departamento da Engenharia. Todas as horas de trabalho efetuadas para este projeto são registadas dentro destas OTs de modo a apresentar todo o custo referente a cada projeto.

A seguir à Engenharia temos o *Packaging* que representa os trabalhos para embalamento da máquina. Contém as horas de trabalho para essa tarefa e todos os materiais necessários (paletes, caixas, cintas, etc.). Tal como as OTs da Engenharia, o *Packaging* também tem uma codificação própria. A codificação utilizada para este caso é: “6900300100000001”. Dentro do “69” temos uma família reservada apenas para trabalhos de embalamento (finalização) da máquina que é a família “003”.

Para além dos materiais que constituem o *Packaging*, como segundo nível hierárquico, temos o *Factory Acceptance Test* (FAT). O FAT representa a máquina já montada e funcional. Dentro deste temos o código para a montagem final da máquina e as operações para serem efetuados os testes por parte da Automação e as horas extras para reparação caso a máquina apresente algo que impeça o bom funcionamento da mesma. O FAT apresenta uma única codificação, “6905000100000001”. Quando é consultado o catálogo da máquina, tanto o cliente como os diversos trabalhadores, conseguem identificar pela codificação qual a montagem que diz respeito. Iremos ter então a hierarquia representada na Figura 5.3.

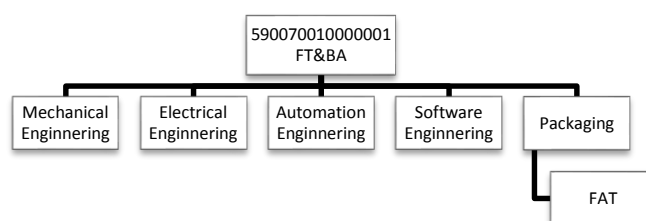


Figura 5.3 – 1º e 2º nível completo da máquina

Após as BOMs da máquina serem elaboradas com todas as especificações, é necessário elaborar a estrutura de produto com base nas montagens desenvolvidas no programa 3D utilizado na Engenharia (*SolidWorks*). Nos trabalhos desenvolvidos neste estágio, o Chefe de Montagem, juntamente com a Estagiária e com o Engenheiro que desenvolveu a

respetiva máquina, decidem como será toda a hierarquia do produto. A Figura 5.4 apresenta a estrutura de produto completa para a máquina em questão.

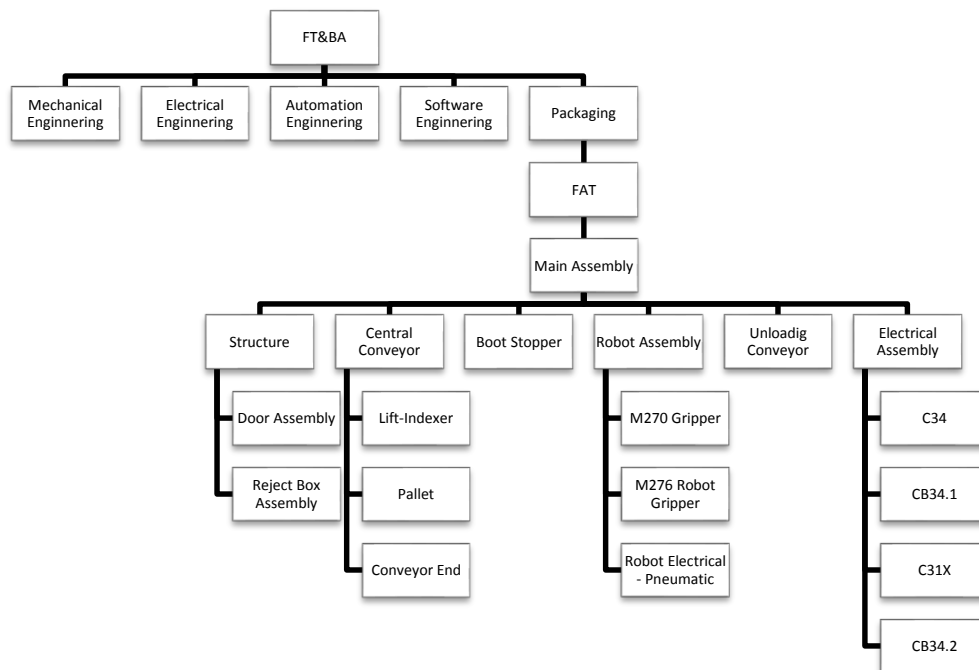


Figura 5.4 – Estrutura da FT&BA

As listas são divididas por sub-montagens e identificadas, tal como os artigos, por um *order number*. Este código irá representar o código da sub-montagem. Como já foi detalhado anteriormente (Capítulo 3) a codificação definida para cada artigo permite fazer a identificação rápida de que tipo de artigo se trata, o mesmo sucede com a codificação das sub-montagens.

Antes dos testes poderem ser executados é necessário que toda a máquina esteja completa, ou seja, toda montada. Para tal, dentro do FAT temos uma montagem designada por *Main Assembly* que diz respeito à finalização dos trabalhos da montagem, estando a máquina pronta para serem executados os testes de *software* e automação, e posteriormente, caso seja necessário, alguns acabamentos mecânicos e/ou elétricos.

A codificação definida para todos os produtos da Zeugma, sejam eles, trabalhos de engenharia, trabalhos de montagem, montagem de produtos e/ou de subprodutos é definida pelo “Grupo 6”, como apresentado na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Codificação dos *Assemblies*

Grupo	Função	Família	Subfamília	Nº Sequencial
6	X	XXX	XXX	XXXXXXX

A codificação utilizada deve ser a mais adequada a cada tipo de montagem. Conforme se tratar de uma montagem elétrica ou de uma montagem mecânica, apresentam códigos

distintos. No Anexo A encontra-se uma tabela que apresenta a codificação utilizada para os *subassemblies*. Esta codificação é definida pelo Chefe de Produção e/ou pelo responsável da criação das listas de materiais, sendo este último a Estagiária. Assim, como para os artigos, o código da montagem deve ser criado contendo uma referência e descrição adequadas à sua finalidade.

A Tabela 5.2 apresenta todos os *subassemblies* definidos e criados para esta máquina.

Tabela 5.2 – Codificação das Montagens da FT&BA

Designação	Código do Produto
FT&BA	590070010000001
<i>Structure - 1000</i>	610010010000001
<i>Conveyor End Asm - 2300</i>	610020010000001
<i>Door Asm - 1100</i>	610050010000001
<i>Boot Stopper Asm - 3100, 3200</i>	610060010000001
<i>Reject Box Asm - 1200</i>	610070020000001
<i>Central Conveyor Asm - 2000</i>	620010020000001
<i>Unloading Conveyor Asm - 5000</i>	620010030000001
<i>Pallet Asm - 2200</i>	620010040000001
<i>Robot Asm - 4000</i>	620030040000001
<i>M270 Gripper Asm - 4100</i>	620030050000001
<i>M276 Robot Gripper - 4200</i>	620030050000002
<i>Lift-Indexer Asm - 2100</i>	620050030000001
<i>Robot Electrical - Pneumatic Asm - 4300</i>	650010010000001
<i>FT&BA - Main Assembly</i>	690020010000001
<i>Assembly Electrical</i>	660010010000001
C34	660100010000001
CB34.1	660120010000006
C31X	660100020000001
FAT	690500010000001
CB34.2	660100030000001
<i>Mechanical Engineering</i>	690010010000001
<i>Electrical Engineering</i>	690010020000001
<i>Automation Engineering</i>	690010030000001
<i>Software Engineering</i>	690010040000001
<i>Packaging</i>	690030010000001

Para cada *subassembly* foi definida a codificação mais adequada consoante a sua finalidade. A designação para cada montagem também deve ser adequada, de modo a possibilitar uma melhor identificação de qual o subproduto de que se trata. Para tal, como se pode verificar na Tabela 5.2, a designação para os *subassemblies* mecânicos apresenta um número de quatro dígitos. O número presente na designação é o número utilizado pela Engenharia Mecânica para a identificação dos *subassemblies* no *SolidWorks*. Foi definido que este número deveria estar contido na descrição do produto, para poder ser feita uma

melhor relação entre a aplicação utilizada na Engenharia e o M3. Sendo que esta estrutura foi uma das primeiras a ser elaborada, tal ajudou no processo de adaptação e de aquisição de conhecimentos, não só por parte da Engenharia mas também por parte dos operadores de montagem em relação à utilização do M3. Futuramente, em novas estruturas a relação entre os *subassemblies* e o M3 será feita apenas pela designação e pelo código de subproduto que terá de estar presente e ser igual em ambas as aplicações, pois todos os desenhos em 2D e as listas de materiais terão presentes estes códigos.

A montagem principal encontra-se dividida em várias submontagens, que por sua vez são constituídas ou não por outras submontagens. Dentro do *Main Assembly* encontra-se um *subassembly* para a estrutura da máquina. Esta é constituída por vários artigos e pelas respetivas operações, e por duas submontagens, sendo estas uma montagem individual para a porta e outra para a caixa (*Reject Box*). Dando como exemplo esta montagem, temos um exemplo de como será a BOM na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Exemplo de uma BOM

Item Nº	OP Nº	Description	Reference/ Nº Res.	Order Nº	Qtd/ Time	Qtd total	U/M Consumo	Supplier
10	500	Door Assembly - 1000	Door Assembly - 1000	6100500100000001	1	1	UN	Zeugma
20	500	Reject Box Assembly - 1200	Reject Box Assembly - 1200	6100700200000001	1	1	UN	Zeugma
30	500	Protection	5900700100000001-1001	5100500300000001	2	2	UN	Cubotónic
	500	Assembly Mechanical	1	AMEC	2	2	horas	

No M3 podemos ter exatamente a informação que está representada na Tabela 5.3. Dentro do código da montagem é criada uma ou mais operações. Para diferenciar o número da operação da sequência do número dos artigos optou-se, por exemplo, por definir que as operações fossem iniciadas com o número “500” e seguindo a sequência de 10 em 10. Já os artigos dentro de uma lista apresentam apenas uma sequência de 10 em 10, pois devido a posteriores alterações na BOM, poderá ser necessário adicionar novos artigos e, dependendo da melhor posição, poderão ter de ser acrescentados entre artigos existentes na lista, de modo a que fiquem na posição correta.

Um subproduto pode apresentar mais do que uma operação em que cada operação apresenta os seus artigos respetivos para montagem. Ao serem colocados os artigos na lista é indicado o número da operação a que os artigos pertencem. No caso deste *subassembly* apenas temos uma operação para montagem da estrutura. O M3 interpreta a lista de cima para baixo, ou seja, começa pelo número “10” e termina no último artigo ou operação. Isto é, sendo o item número “10” e o “20” um subproduto, esta montagem apenas se inicia quando ambos os *subassemblies* (“Filhos”) estiverem terminados. Ele manda fabricar todos os subprodutos e comprar todos os artigos que o contêm e só depois dará início à primeira operação para montagem deste subproduto. Mais uma vez é aqui

possível avaliar a importância de uma estrutura de produto bem definida bem como todo o planeamento de fabricação da máquina.

O M3 apresenta toda a informação dos artigos bem como das quantidades unitárias necessárias para a fabricação de um subproduto. No caso deste *subassembly* ter de ser fabricado mais do que uma vez, apareceriam não só a quantidade de fabricação, mas também a quantidade de compra total de todos os artigos necessários dentro desta lista referente a este subproduto (quantidade total). A unidade de medida das operações é em horas e é representado o número planeado de recursos necessário para a execução dos trabalhos (“*Number of Resources*”).

5.3.1 Codificação dos subprodutos

No Anexo A encontra-se uma tabela com toda a codificação utilizada para todas as submontagens utilizadas, de momento, pela Zeugma. No entanto, nem todos os colaboradores da empresa podem seguir as mesmas regras. Para haver um melhor esclarecimento é necessário uma pequena explicação sobre em que casos se aplica cada função dentro do “Grupo 6”, das submontagens.

A primeira função dentro da codificação dos *subassemblies* é o “1 – *Structure*”. Todas as montagens que se iniciam com “61” são relativas à estrutura ou ao sistema, e tudo o que estiver diretamente dependente deste, como por exemplo, suportes, caixas, resguardos de segurança, janelas, acessos, fixações ao chão da estrutura, plataformas e outros acessos necessários.

A segunda função designa-se por “*Line Handling*”. Esta função aplica-se a todos os *subassemblies* que dizem respeito a sistemas de transporte de um produto. Estes podem efetuar operações, tais como, guiar, posicionar, deslocar, transferir, movimentar, etc. Ou seja, executam movimentos de transporte do produto de um ponto para outro ou para vários pontos distintos.

De seguida temos representado na codificação o dígito três para todas as montagens de partes das máquinas que executem a manipulação/transformação/tratamento do produto. Esta função designa-se por “*Process*”, e refere-se a operações tais como marcar, furar, identificar, pode envolver a utilização de produtos químicos, o tratamento da temperatura, pressão, etc.

A quarta função diz respeito a trabalhos de automação e controlo. Designa-se por “*Automation and Control*” e tal como o nome indica refere-se a todos os trabalhos de automação necessários para o funcionamento da máquina, isto é, trabalhos de desenvolvimento de *software*, redes de comunicações, intercâmbio de sinais com outros sistemas, *Human Machine Interfaces/ Operator Panels* (HMIs/OPs), sistemas de supervisão, etc. Esta codificação envolve mão-de-obra e materiais, tais como, cabos, conversores, *software*, *interfaces*, licenças, etc. necessários para o projeto.

Na codificação dos *subassemblies* também há uma função reservada para subconjuntos onde existam funções pneumáticas, o que inclui todos os trabalhos e artigos pneumáticos. Esta função é definida por "5 – *Fluids*" e inclui unidades pneumáticas e de lubrificação, estações hidráulicas e unidades de tratamento do ar.

A sexta função representa todas as submontagens que abrangem todos os trabalhos e materiais elétricos. Engloba as tarefas relativas à fabricação dos subprodutos elétricos, montagens, verificações, certificação e colocação em serviço de todos os equipamentos elétricos.

Por último está definida a função "9 – *Production*", para todos os trabalhos de engenharia bem como para todos os trabalhos necessários para embalagem e testes finais de funcionamento da máquina. Inclui todas as tarefas essenciais para colocação em serviço da máquina, identificação e resolução de problemas de funcionamento que possam surgir.

5.3.2 Definição dos códigos para os *subassemblies*

A empresa e o cliente ao conhecerem a codificação identificam rapidamente pelo código qual a montagem que se trata dentro da estrutura da máquina. Na codificação, a empresa definiu uma função apenas para as estruturas das máquinas, a qual apresenta várias famílias e subfamílias. Para a estrutura em questão, visualizando as montagens da esquerda para a direita, dentro do *Main Assembly*, temos uma sub-montagem designada por "*Structure*" (Figura 5.5), sendo apenas a montagem do "esqueleto" da máquina, definiu-se o código "610010010000001":

"61" → Estrutura (*Structure*);

"001" → Estrutura/ esqueleto (*Frame*);

"001" → Estrutura/ esqueleto (*Frame*).

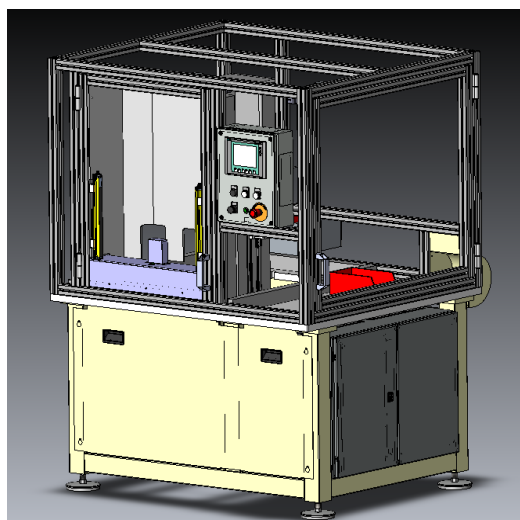


Figura 5.5 – *Structure*

Todos os *subassemblies* que dizem respeito à estrutura, montagem de portas, proteções, etc, pertencem à função “61”. Como se pode observar na Figura 5.5 o “61” é definido para toda a estrutura (parte externa) da máquina. Dentro da sub-montagem da estrutura temos mais duas submontagens, a da porta, designada por “*Door Assembly*” (Figura 5.6) e a da caixa de alocação de material, “*Reject Box Assembly*” (Figura 5.7). Uma vez que ambas as submontagens são referentes e constituem parte da estrutura da máquina o código definido terá de pertencer à função “61 – Estrutura”. Visto que a primeira é uma montagem mecânica de uma porta, apresenta como código “610050010000001”. Esta sub-montagem é onde o operador insere os artigos a serem utilizados.

“61” → Estrutura (*Structure*);

“005” → Portas e Proteções (*Doors & Guards*);

“001” → Portas (*Doors*).

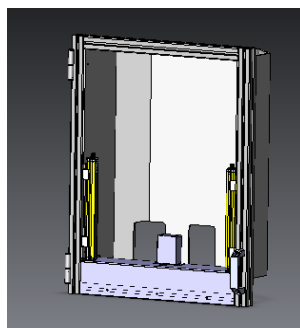


Figura 5.6 – *Door Assembly*

Sendo a segunda uma submontagem de uma caixa, a qual pertencente à estrutura da máquina, foi definido para esta o código “610070020000001”. A caixa permite a alocação do material rejeitado, sendo esta considerada como um acessório independente com vista a auxiliar o processo pertence à “007 - *Facilities*”.

“61” → Estrutura (*Structure*);

“007” → Facilidades (*Facilities*);

“002” → Caixas (*Enclosures*).

Ao não haver nenhuma codificação definida para este tipo de montagem adicionou-se uma família nova para estes “extras” da máquina que facilitam todo o processo de fabricação. Caso existisse uma codificação para este tipo de sub-montagem teríamos uma família para cada parte da máquina, o que seria impossível, pois não teríamos dígitos suficientes para tal, o “Grupo 6” não seria suficiente, resultando num grande número de grupos e funções, o que seria contra todas as regras de codificação.

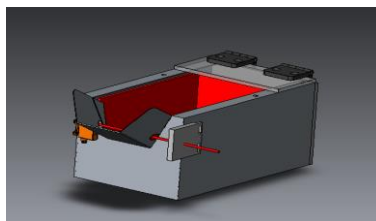


Figura 5.7 – *Reject Box Assembly*

Ao lado do *subassembly* da estrutura temos o *subassembly* designado por “*Central Conveyor Assembly*” (Figura 5.8). Esta sub-montagem enquadra todo o local de montagem e teste das ignições. Sendo um sistema de transporte do produto foi definido o código “620010020000001”:

- “62” → Linha de Montagem (*Line Handling*);
- “001” → Esteira/Transportador (*Conveyor*);
- “002” → Montagem do Transportador (*Conveyor Assembly*).

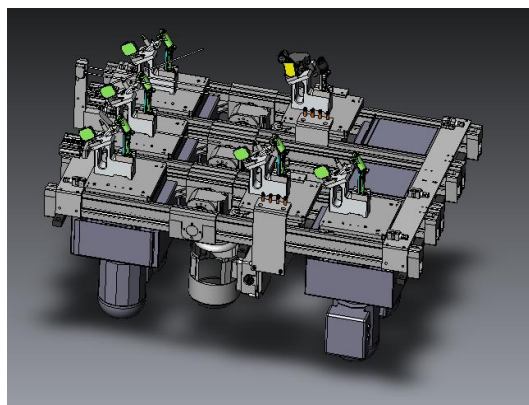


Figura 5.8 – *Central Conveyor Assembly*

Dentro desta submontagem temos mais três submontagens - montagens mais pequenas que necessitam de uma ordem de fabrico à parte para a sua fabricação:

- *Lift-indexer assembly* (620050030000001) – Montagem de peças que permitem efetuar o movimento no eixo y, em que desloca o produto entre dois pontos;
 - “62” → Linha de Montagem (*Line Handling*);
 - “005” → Movimentação (*Guide and Position*);
 - “003” → Unidade de Indexação (*Indexing Unit*).
- *Pallet assembly* (620010040000001) – Montagem de uma base onde são executados os testes de funcionamento das ignições.
 - “62” → Linha de Montagem (*Line Handling*);
 - “001” → Transportador (*Conveyor*);

“004” → Palete (*Pallet*).

- *Conveyor end assembly* (610020010000001) – Montagem de peças que formam uma “cobertura”/suporte onde são interligadas todas as partes da transportadora.

“61” → Estrutura (*Structure*);

“002” → Cobertura (*Cover*);

“001” → Cobertura (*Cover*).

Na ordem de fabrico da “*Central Conveyor Assembly*” encontram-se todos os materiais necessários bem como todas as operações com as horas de trabalho para montagem destes três *subassemblies*.

De seguida temos uma sub-montagem referente a um sistema de travamento. Na Figura 5.9 pode-se visualizar a parte da máquina a que esta montagem se refere. Sendo este tipo de sistema considerado um dispositivo de segurança individual pertence à família dos sistemas de segurança da máquina, para tal foi definido o código “610060010000001”:

“61” → Estrutura (*Structure*);

“006” → Mecanismos de Segurança (*Safety devices*);

“002” → Travão (*Stopper*).

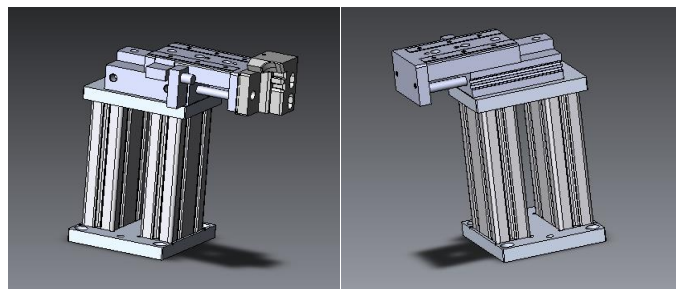


Figura 5.9 – *Boot Stopper Assembly*

Temos também um *subassembly* referente ao robô (Figura 5.10), o qual também apresenta uma codificação bem definida e apropriada à função. O robô pertence à função “2” uma vez que efetua o transporte do produto, assim para a montagem do robô temos o código “620030040000001”:

“62” → Linha de Montagem (*Line Handling*);

“003” → Pegar e Colocar (*Pick and Place*);

“004” → Robô (*Robot*).

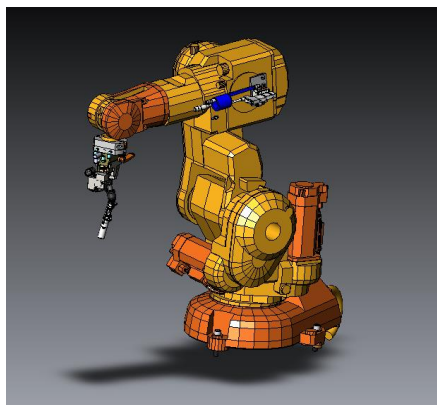


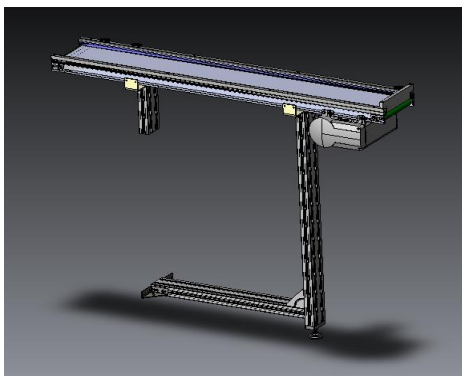
Figura 5.10 – *Robot Assembly*

Considerou-se importante colocar a montagem das garras do robô, bem como toda a parte pneumática do robô em *subassemblies* separados. Assim para que seja executada a sub-montagem do robô terão de ser efetuadas primeiro três sub-montagens:

- *M 270 gripper assembly* (620030050000001) – Montagem da garra do robô para a peça M270;
- *M276 robot gripper* (620030050000002) – Montagem da garra do robô para a peça M276;
- “62” → Linha de Montagem (*Line Handling*);
- “003” → Pegar e Colocar (*Pick and Place*);
- “005” → Garras (*Grippers*).
- *Robot electrical-pneumatic assembly* (650010010000001) – Montagem de toda a parte pneumática do robô.
- “65” → Fluidos (*Fluids*);
- “001” → Unidades Pneumáticas (*Pneumatic Units*);
- “001” → Sopro.

Como última montagem mecânica deste nível da estrutura de produto temos uma montagem designada por “*Unloading Conveyor Assembly*” (Figura 5.11). Esta sub-montagem refere-se à passadeira de descarga dos artigos produzidos. Foi definido para esta sub-montagem o código “620010030000001”:

- “62” → Linha de Montagem (*Line Handling*);
- “001” → Transportador (*Conveyor*);
- “003” → Transportador (*Conveyor*).

Figura 5.11 – *Unloading Conveyor Assembly*

Por último, antes de poderem ser iniciadas as operações da montagem principal (“*Main Assembly*”) definimos na estrutura de produto um *subassembly* para toda a montagem elétrica da máquina. A codificação para as montagens elétricas apresenta como função o código “66”, como se trata de uma montagem elétrica geral esta exhibe o código “660010010000001”:

“66” → Montagem Elétrica (*Electrical*);

“001” → Projeto (*Project*);

“001” → Projeto Elétrico (*Electrical Project*).

Este *subassembly* contém uma operação para efetuar todas as ligações elétricas necessárias e três submontagens elétricas. Estas submontagens dizem respeito a trabalhos de montagem e eletrificação de caixas e de consolas de comando elétricas associadas à máquina:

- C34 (660100010000001) – Montagem da caixa de comando principal da máquina (Figura 6.12):

“66” → Montagem Elétrica (*Electrical*);

“010” → Fabricação do Armário Elétrico (*Cabinet Manufacturing*);

“001” → Armário Principal (*Main Cabinet*).

- CB34.1 (660120010000006) – Montagem da consola de comando da máquina:

“66” → Montagem Elétrica (*Electrical*);

“012” → Fabricação da Consola (*Console Manufacturing*);

“001” → Consola Principal (*Main Console*).

- C31X (660100020000001) – Montagem da segunda caixa de comando da máquina (Figura 6.12):

“66” → Montagem Elétrica (*Electrical*);

“010” → Fabricação do Armário Elétrico (*Cabinet Manufacturing*);

“002” → Segundo Armário (*2nd Cabinet*).

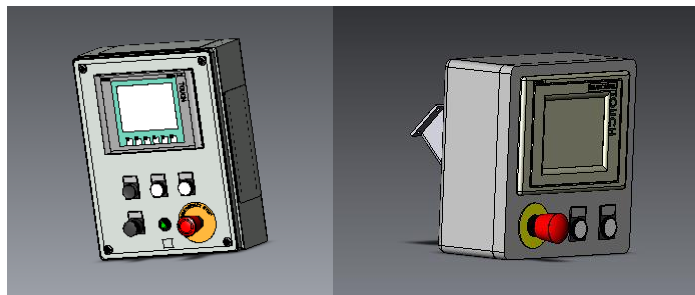


Figura 5.12 – C34 e CB31X

Após serem finalizadas todas estas sub-montagens, ou seja, após todos os subconjuntos estarem fabricados e verificados eletricamente, procede-se à execução de todos os trabalhos de eletrificação geral, bem como de todos os trabalhos mecânicos finais de montagem da máquina. Estes trabalhos estão incluídos no *Main Assembly*, o qual apresenta o código “690020010000001”:

“69” → Produção (*Production*);

“002” → Montagem (*Assembling*);

“001” → Trabalhos Mecânicos e Elétricos (*Mec.+Elec.*).

Toda a codificação dos *subassemblies* da máquina foi definida tendo em conta todos pontos e funções de cada parte da máquina, sendo este um processo, que embora pareça simples é de extrema importância para a compreensão do funcionamento da máquina por parte de todos os departamentos da empresa como também para os processos de logística e gestão.

As máquinas fabricadas pela Zeugma apresentam uma estrutura de produto com todos os respetivos subprodutos codificados com a mesma exigência.

5.4 Criação da estrutura em M3

Nesta fase toda a estrutura se encontra- elaborada no ficheiro *Excel* que pode ser consultado por todos os departamentos da empresa, bem como todas as listas de materiais pertencentes a cada montagem. Os códigos de toda a estrutura da máquina encontram-se criados na base de dados da empresa em estado “10 – Artigo Provisório”. A Estagiária e o responsável por cada montagem são os únicos com permissão para executar a aprovação do código e só depois pode ser alterado o seu estado para “20 - Artigo Libertado”.

A Estagiária procede então à criação da estrutura no M3. Um código para conter estrutura tem de ser criado no “M3 Estrutura de Produto” como tipo “PRD – Estrutura de Produção”, para que o M3 faça os cálculos necessários para todas as estruturas deste tipo

(Figura 5.13). Outro tipo de estrutura é a estrutura “KIT” que, tal como o nome indica, são artigos de compra que são vendidos como “kits”/conjuntos. No entanto, consoante o tipo de estrutura, existem certas funções que só podem ser executadas em produtos com o tipo de estrutura “PRD”, tais como:

- Cálculo das necessidades;
- Cálculo de prazos;
- Configuração;
- Lista de materiais resumida.

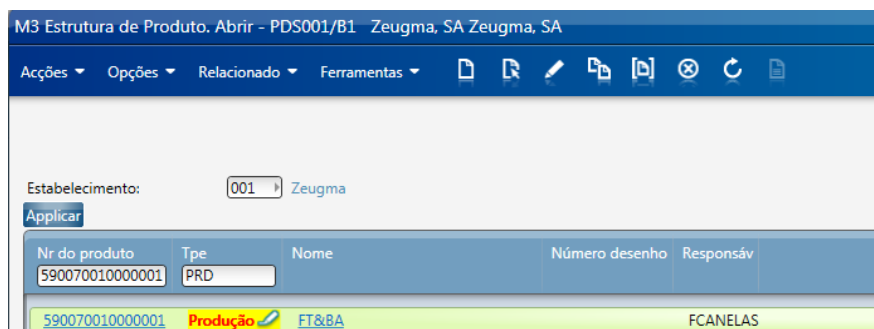


Figura 5.13 – M3 - Estrutura de Produto

Aquando da criação do número de produto na estrutura, é definido o responsável pela sub-montagem. Estando o artigo criado, é necessário então proceder à criação das operações e à alocação dos artigos em cada *subassembly*. É um procedimento moroso uma vez que os artigos são inseridos um a um dentro do M3 com as respetivas quantidades. Este procedimento deve ser efetuado com especial atenção pois um engano num código pode resultar em prejuízos para a empresa.

De seguida é necessário criar as operações para cada *subassembly*. Uma operação apresenta um número que quando combinado com o número de produto forma uma entidade única. Para cada número de operação é necessário introduzir o tipo de Centro de Trabalho onde a operação deve ser efetuada. Os centros de trabalho para os operadores de montagem pode ser do tipo:

- AELE – Montagem Elétrica;
- AMEC – Montagem Mecânica;

No caso das ordens de trabalho para a Engenharia os centros de trabalho podem ser do tipo:

- EMEC – Engenharia Mecânica;
- EELE – Engenharia Elétrica;
- EAUT – Engenharia de Automação;
- ESOF – Engenharia de *Software*.

Cada centro de trabalho já apresenta o número de recursos disponíveis, bem como o cálculo da capacidade de carga para cada um.

O número da operação também indica a ordem em que as operações devem ser efetuadas, relativas ao produto. Quando é criada uma operação, seja de que tipo for, é essencial colocar a informação com o nome da operação, tempo de execução e toda a descrição da operação. Posteriormente essa informação será consultada por todos os intervenientes, a qual deve ser explícita e o mais precisa possível.

Após as operações estarem bem definidas segue-se a alocação dos artigos. Cada linha de material deve conter o número de operação respetivo e a quantidade utilizada na montagem. O estado de todos os materiais dentro da estrutura de produto deve ser confirmado, uma vez que alguns podem estar inativos (estado “90”), pode ser um artigo com *stock* limitado, ou um substituto de outro. Neste último caso, ao acabar o *stock* o artigo passa automaticamente para o estado “90” e deve ser substituído manualmente pelo artigo correspondente. Caso o artigo esteja em estado “10 – Artigo Provisório”, é essencial avisar o Departamento de Compras, pois ainda não está definido na base de dados o preço do artigo bem como a informação do fornecedor. Apenas o Departamento de Compras pode aprovar o artigo e libertá-lo para o estado “20”.

Todas as montagens devem estar distribuídas dentro do M3 como está representada toda a hierarquia do produto. O código do produto, “590070010000001”, deve conter dentro da sua lista os códigos que dão origem às ordens de trabalho da Engenharia e o código do *Packaging* (“690030010000001”). Só assim o M3 consegue estabelecer a ligação entre todos os *subassemblies* respetivos ao código de venda do produto principal.

Após a estrutura estar definida no M3 com todas as listas de materiais carregadas, esta encontra-se pronta a ser libertada.

A estrutura de produto também apresenta um determinado estado. Esse estado é apenas alterado pelo chefe de produção. Estes podem ser:

- Estado “10” – Produto provisório. Não é possível libertar quaisquer ordens de fabrico, no entanto podem ser efetuados cálculos.
- Estado “20” – Produto definitivo. É possível libertar ordens de fabrico.
- Estado “90” – O produto está bloqueado/fora do *stock*. Não é possível libertar quaisquer ordens de fabrico nem efetuar cálculos.

Para uma estrutura poder ser liberta é necessário:

- Apresentar todos os materiais em estado “20”;
- Ter todas as operações com as respetivas horas para o M3 poder executar os cálculos;
- Ter todos os códigos dos subprodutos em estado “20”;
- Ter o estado da estrutura em estado “20”.

Apresentando todos os requisitos necessários e todos os procedimentos executados a estrutura encontra-se pronta a ser liberta.

5.5 Ordens de Fabrico

Na indústria todos os produtos fabricados apresentam uma Ordem de Fabrico. Uma Ordem de Fabrico/Ordem de Produção (OF/OP) apresenta todas as especificações do produto com as respetivas descrições das operações, matérias-primas, datas planeadas para fabricação e as quantidades necessárias. Pode-se dizer que é como uma fotografia retirada à estrutura de produto, pois a partir do momento em que uma ordem de fabrico é liberta deixa de ter ligação à estrutura. Se for necessário efetuar alterações na estrutura, estas alterações não serão refletidas nas ordens de fabrico. Caso sejam feitas modificações das quantidades dos artigos, eliminação ou inserção de materiais é necessário alterar em ambos os locais.

Uma ordem de fabrico passa por diversos estados, os principais são:

1. Ordem de fabrico planeada;
2. Ordem de fabrico firme;
3. Ordem de fabrico encerrada.

O código do produto final, “590070010000001”, encontra-se no estado “20”, aprovado pelo Departamento de Vendas. Quando as ordens de fabrico planeadas são consultadas apenas aparece o código “Pai”, com a data planeada igual à data de entrega do produto ao cliente.

Assim que todas as listas e a estrutura de produto estiverem em estado de libertação, o Chefe de Produção liberta a ordem de fabrico planeada do produto final. Após libertar o código do produto, o M3 cria todas as OFs planeadas para as submontagens correspondentes a esse artigo. Visto que o produto final já se encontra associado a um número de projeto, todas as submontagens irão apresentar o mesmo número de projeto.

Consoante a data planeada de entrega do produto final, o M3, ao criar todas as ordens de fabrico planeadas associadas a esse produto, irá fazer o cálculo para as datas de fim e de início subtraindo o tempo das operações de todas as montagens. Caso a data de entrega da máquina seja, por exemplo no dia 28 de dezembro de 2014, o M3 “desloca” as datas para trás, subtraindo o número de horas. Se o *Packaging* apresentar uma operação que demore dezasseis horas, este irá ter como data de início planeada para o dia 26 de dezembro de 2014, sucedendo o mesmo para todas as outras submontagens.

No entanto, nem todas as datas propostas pelo M3 correspondem à realidade, pois o Chefe de Produção pode não concordar, pretendendo que as ordens de fabrico tenham início em datas diferentes. Deste modo, o M3 permite fazer o replaneamento de todas as ordens de fabrico planeadas. O chefe de produção replaneia as ordens de fabrico tendo em conta uma resposta por parte do Departamento de Compras para que todos os materiais possam estar nas instalações da empresa a tempo. Contudo, o M3 também efetua o cálculo para entrega dos materiais e caso não seja possível, consoante as datas de entrega de cada artigo, notifica que a OF deve ser replaneada. Este aviso pode ser contrariado se o departamento das compras concordar.

As ordens de fabrico após serem libertas passam a ordens de fabrico firmes. A partir do momento em que uma OF é liberta o M3 começa a alocar o material das listas, caso exista

em *stock* e lança ordens de requisição planeadas para o Departamento de Compras, dos artigos que necessitam de ser comprados.

Nas ordens de fabrico firmes é permitido visualizar:

- Estado do material mais baixo – Permite verificar se todos os artigos já foram consumidos ou não, se o último estado for *Picking*, quer dizer que todos os artigos já estão nas instalações da Zeugma, caso o estado seja “em reserva” significa que ainda falta material - pode já apresentar uma ordem de compra ou não;
- Estado mais alto da operação – Permite verificar se a ordem de fabrico já foi iniciada pelos operadores de montagem;
- Estado da OF – Confirmação do estado da ordem de fabrico, se está aberta ou encerrada.

A partir do momento em que uma ordem de fabrico é liberta, todo o processo é crítico, pois podem ocorrer várias solicitações por parte da Engenharia para efetuar alterações nas listas de materiais. Essas alterações são efetuadas pela Estagiária e devem ser feitas com muita atenção, sendo preciso por vezes ter uma atitude crítica. O Departamento de Engenharia executa diariamente alterações nos desenhos da máquina e pode solicitar que sejam retirados alguns artigos das listas.

A Figura 5.14 e a Figura 5.15 apresentam um fluxograma das ordens de fabrico, desde o desenvolvimento das listas de materiais ao encerramento das ordens de fabrico. Neste fluxograma pode-se observar que as alterações feitas nas BOMs podem ocorrer em qualquer fase do processo, o que pode provocar vários atrasos de desenvolvimento das montagens bem como eventuais erros de dados e planeamento.

No momento em que as listas de materiais estão finalizadas é criada a estrutura com as várias sub-montagens no M3 e são colocados todos os materiais dentro de cada uma. São colocadas todas as operações com as respetivas horas de montagem e a estrutura de produto é liberta após estar finalizada. Cada sub-montagem cria uma ordem de fabrico planeada e é efetuado todo o planeamento do projeto. No momento em que uma ordem de fabrico é gerada são criadas automaticamente ordens de compra planeadas. Após o planeamento das ordens de fabrico, estas são libertas, podendo ocorrer posteriormente, ou não, alterações, eliminação e inserção de material. Ao ser colocado mais material nesta fase do processo, este terá de ser inserido dentro da estrutura e dentro das ordens de fabrico respetivas, tendo de ser um processo manual. Neste caso, apenas o material inserido na OF gera necessidades de compra e não o material inserido na estrutura, ou seja, neste momento passam a ser duas listas “diferentes” sem ligação direta.

Todo o material é encomendado e rececionado para iniciação da montagem da máquina. Poderão ocorrer novas alterações nas listas nesta fase uma vez que se inicia a montagem. Pode haver alterações em peças e encomendas de novas. Quando cada *subassembly* é concluído, as ordens de fabrico são encerradas.

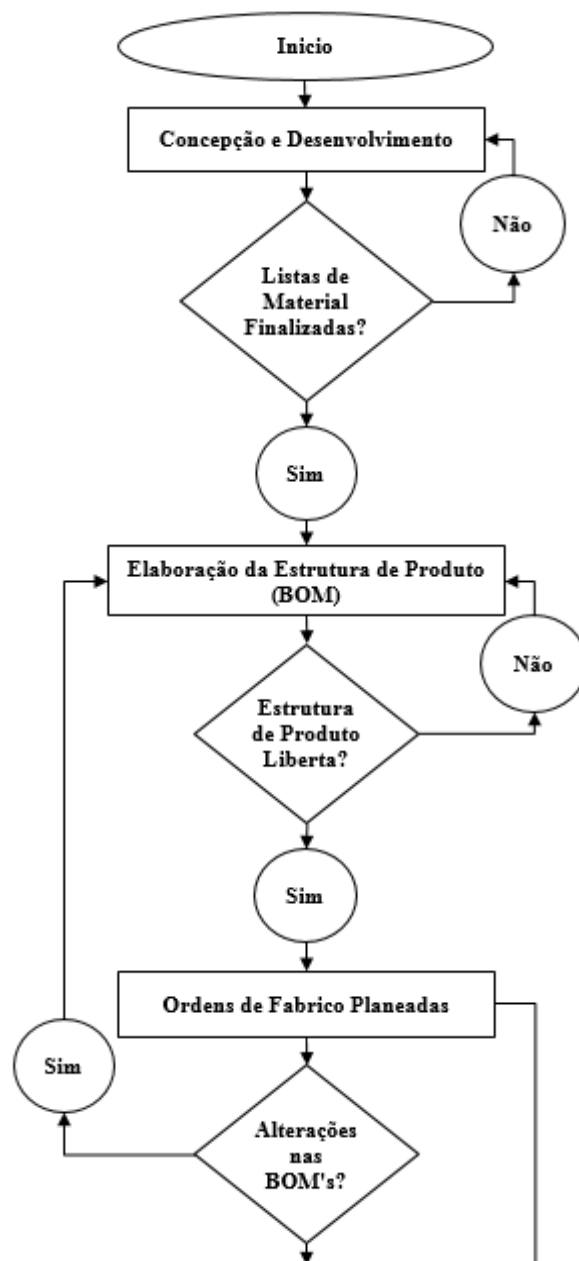


Figura 5.14 – Fluxograma das Ordens de Fabrico (1 de 2)

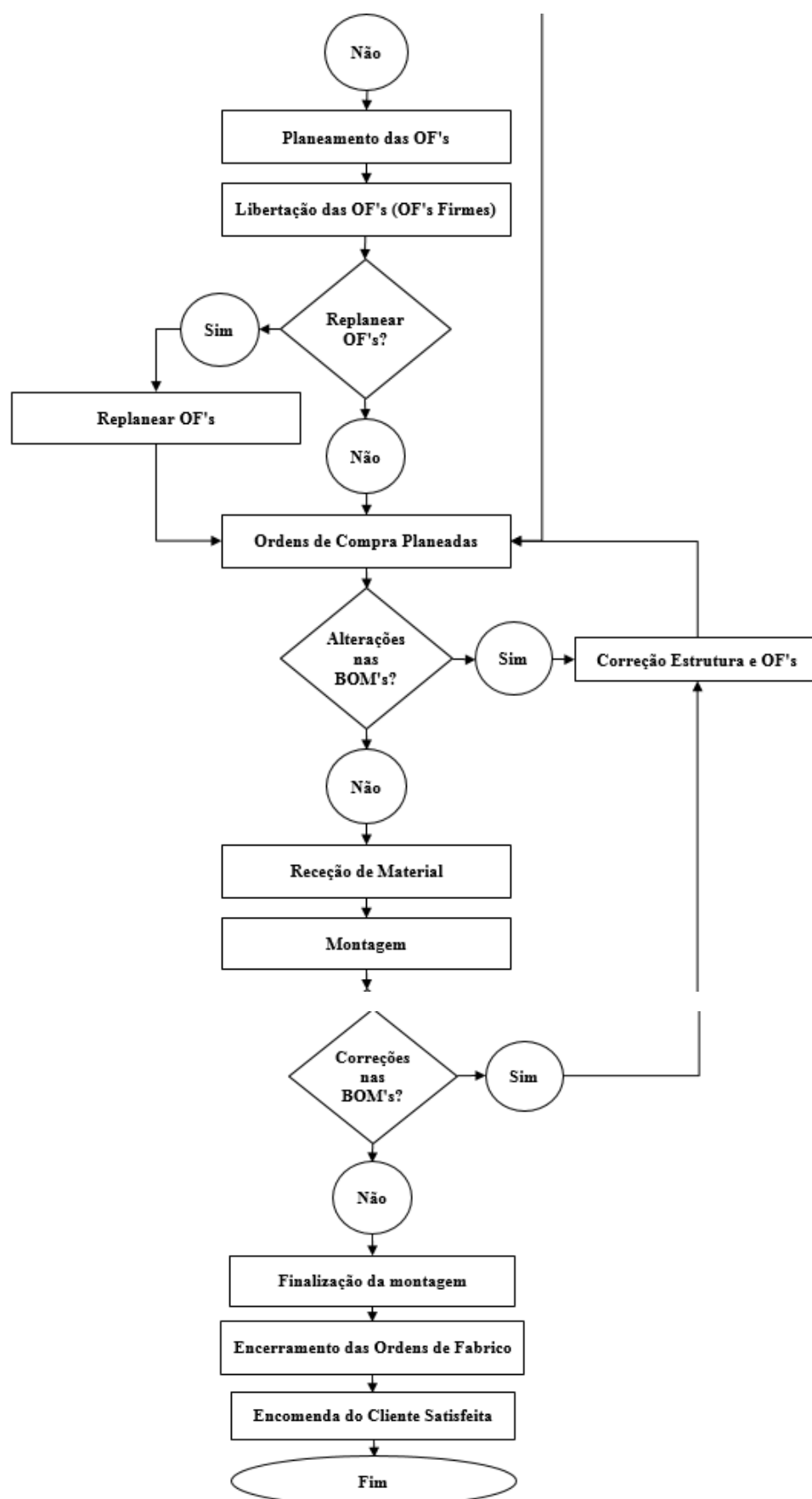


Figura 5.15 – Fluxograma das Ordens de Fabrico (2 de 2)

Os artigos apresentam essencialmente três estados dentro da OF:

- Reserva;
- *Picking*;
- Consumido.

Para efetuar alterações nas listas é preciso ter em conta estes três estados. Caso o artigo esteja em “Reserva” é necessário verificar se apresenta uma ordem de compra. Se o artigo ainda não tiver sido solicitado ao fornecedor, não existe problema em retirar o código do artigo da lista, caso já tenha sido encomendado é essencial verificar se a encomenda pode ser cancelada contactando o fornecedor, ou verificar se o artigo poderá ser utilizado para outros fins. Sendo possível esta última opção, retira-se o artigo da lista e quando der entrada nas instalações da empresa fica alocado ao armazém. Se não for possível cancelar a encomenda e se o artigo não for utilizável para outras montagens, então fica alocado ao projeto, apresentando o custo no respetivo projeto (“Waste”).

Se o artigo já estiver em *Picking* ou consumido significa que já está nas instalações da empresa e que está reservado ao projeto. Neste estado apresenta as mesmas opções que no anterior, no entanto, caso o artigo seja retirado da lista é necessário avisar o Responsável pelo Armazém que o artigo já não será utilizado. Explicando melhor este último processo: após uma OF ser liberta, os respetivos artigos passam por vários estados:

1. Ordem de compra planeada;
2. Ordem de compra firme;
3. Entrada em armazém;
4. Entrada em inspeção;
5. Entrada em *picking*;
6. Consumido no projeto.

Após o artigo passar pelo processo de inspeção sai uma folha de *picking* com a informação de qual o número de projeto e o número da ordem de fabrico com que o artigo será utilizado. No armazém encontram-se várias *Boxes* para as diversas OFs, sendo os artigos colocados nessas *Boxes*. O Responsável do Armazém indica no M3 a localização da respetiva *Box* no M3 dando então a linha desse material como consumida. As *Boxes* são então encaminhadas para a fábrica para que os operadores possam utilizar todos os materiais. Assim, se o artigo já tiver sido consumido terá de ser retirado da respetiva *Box* e colocado em armazém.

Idealmente não deveriam ser efetuadas alterações nas ordens de fabrico, pois estas podem causar graves consequências na empresa se não forem bem efetuadas. Contudo, é inevitável que existam alterações nas listas uma vez que a empresa desenvolve protótipos, o que pode sempre conduzir a que haja modificações nos subprodutos.

Uma operação apenas é iniciada quando o Operador de Montagem inicia os seus trabalhos. Este regista todas as horas de trabalho efetuadas por ordem de fabrico dentro do M3.

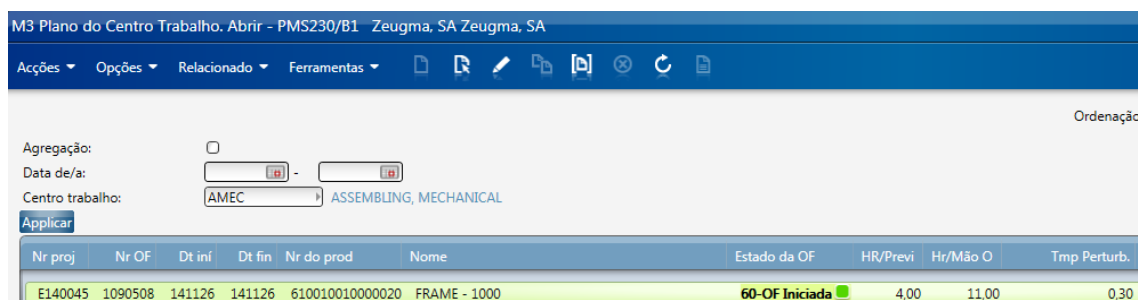
Na Figura 5.16 apresenta-se uma imagem retirada do M3 que ilustra uma linha de operação para uma determinada ordem de fabrico. É apresentado o número de horas planeadas para essa operação, bem como o número total de horas registado pelos

operadores. Como os trabalhos referentes a essa OF já foram iniciados e se encontram a decorrer, a OF encontra-se em estado “60 – OF Iniciada”. Quando o operador finaliza a respetiva operação indica-a como terminada no M3.

A Figura 5.16 também permite visualizar o tempo total de perturbações que ocorreram por ordem de fabrico. Estas perturbações podem ser originadas devido a:

- Falta de material;
- Especificações dos desenhos incorretas por parte da Engenharia;
- O material fornecido pelo fornecedor pode não cumprir os requisitos necessários;
- Falha de comunicação;
- Falta de recursos.

Todas estas perturbações têm custos para o projeto, pois podem resultar no não cumprimento da data planeada de entrega do produto ao cliente, atrasando todo o processo normal de fabrico.



Nr proj	Nr OF	Dt ini	Dt fin	Nr do prod	Nome	Estado da OF	HR/Previ	Hr/Mão O	Tmp Perturb.
E140045	1090508	141126	141126	610010010000020	FRAME - 1000	60-OF Iniciada	4,00	11,00	0,30

Figura 5.16 – Registo de horas no M3

Quando todos os materiais das OFs se encontram consumidos e todas as operações terminadas, a Estagiária procede ao encerramento das OFs dando entrada em produção no M3 de todos os subprodutos acabados, o que permite ao Departamento de Contabilidade efetuar a faturação do produto final.

Sempre que é dada entrada em produção de um subproduto é originado automaticamente um número de lote para o respetivo produto, para que seja possível a rastreabilidade de todos os constituintes de uma máquina.

5.6 Compras e Armazém

Com o objetivo de conhecer todo o processo pelo qual todos os artigos presentes nas OFs passavam, e todos os impactos e influências que estes poderiam causar, a Estagiária participou em algumas funções dentro da empresa. Participou não só no desenvolvimento das BOMs e alterações de peças no *SolidWorks*, como também no Departamento de Compras e no Armazém.

No Departamento de Compras os artigos são processados de acordo com as quantidades de compra necessárias para todos os projetos e não de forma individual para cada um. A Zeugma negocia com os fornecedores os preços dos artigos para uma determinada quantidade sempre que possível e sempre que se justifique.

No âmbito da colaboração com o Departamento de Compras e com o Armazém, a Estagiária efetuou:

- Confirmação das encomendas;
- Atualização das datas e preços unitários dos artigos;
- Contacto com os fornecedores para solicitar os pedidos de confirmação para as datas de entrega, preços unitários e quantidades;
- Libertação de ordens de compra.

Os prazos de entrega dos artigos são de elevada importância uma vez que têm influência direta no desenvolvimento e execução das montagens e consequentemente, caso haja atraso na entrega, poderá significar atraso na entrega do produto acabado ao cliente.

A Figura 5.17 apresenta um fluxograma demonstrando a influência que uma estrutura representa para as compras após liberta. Assim que são geradas Ordens de Compra (OCs) planeadas estas são processadas por fornecedor, é enviado uma ordem de compra para este e solicitados preços e datas de entrega das encomendas. As alterações nas listas das ordens de fabrico podem provocar alterações do planeamento das mesmas e consequentemente “atrasos” nas OCs, novas solicitações de confirmação de datas e atrasos nas montagens da máquina.

Em armazém a Estagiária adquiriu conhecimentos acerca de todos os pontos de passagem dos materiais, desde a entrada e confirmação destes nas instalações da empresa até ao momento em que se encontram disponíveis na produção para montagem.

A Figura 5.18 apresenta um fluxograma com todo o processo efetuado em armazém, desde a entrada do material nas instalações ao consumo do mesmo para montagem do produto pretendido. Após a entrega dos materiais na Zeugma é necessário efetuar vários procedimentos, tanto no M3 como fisicamente:

- Receção da mercadoria – É dada entrada do material, confirmando todos os artigos e respetivas quantidades relativamente à informação na guia de remessa do fornecedor;
- Controlo de qualidade – É efetuado o controlo de qualidade de todos os artigos:
 - ❖ Confirmação do número de certificado;
 - ❖ Confirmação do estado físico do artigo (superfícies uniformes, danos no equipamento, material partido ou riscado, material bem acondicionado, danos na embalagem, etc.);
- Entrada em armazém (Guia de Aviamento) – Caso o artigo esteja presente numa OF sai uma folha de *picking* com o número de projeto e o número de OF, bem como com as quantidades necessárias do artigo – artigo reservado para o projeto. Caso o artigo não apresente nenhum consumo planeado é alocado em *stock*;
- Consumo – Após saída do *picking* o artigo é alocado na *Box* respetiva, sendo feita a guia de aviamento com as quantidades consumidas.

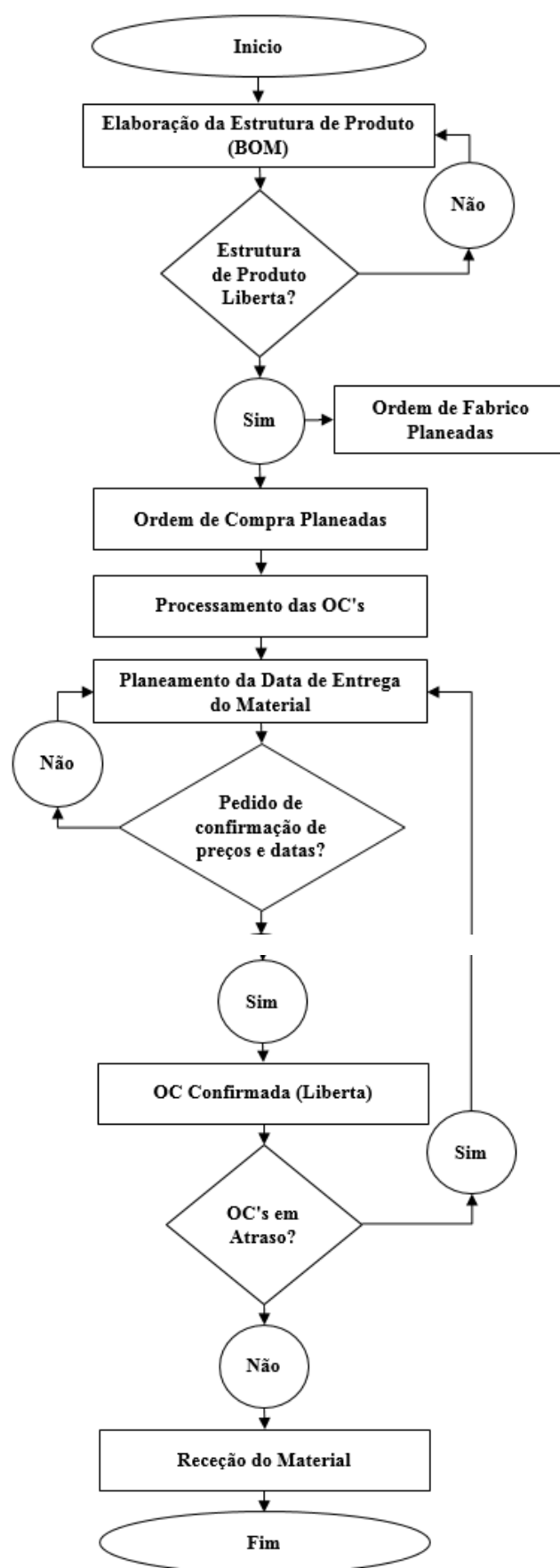


Figura 5.17 – Fluxograma das Ordens de Compra

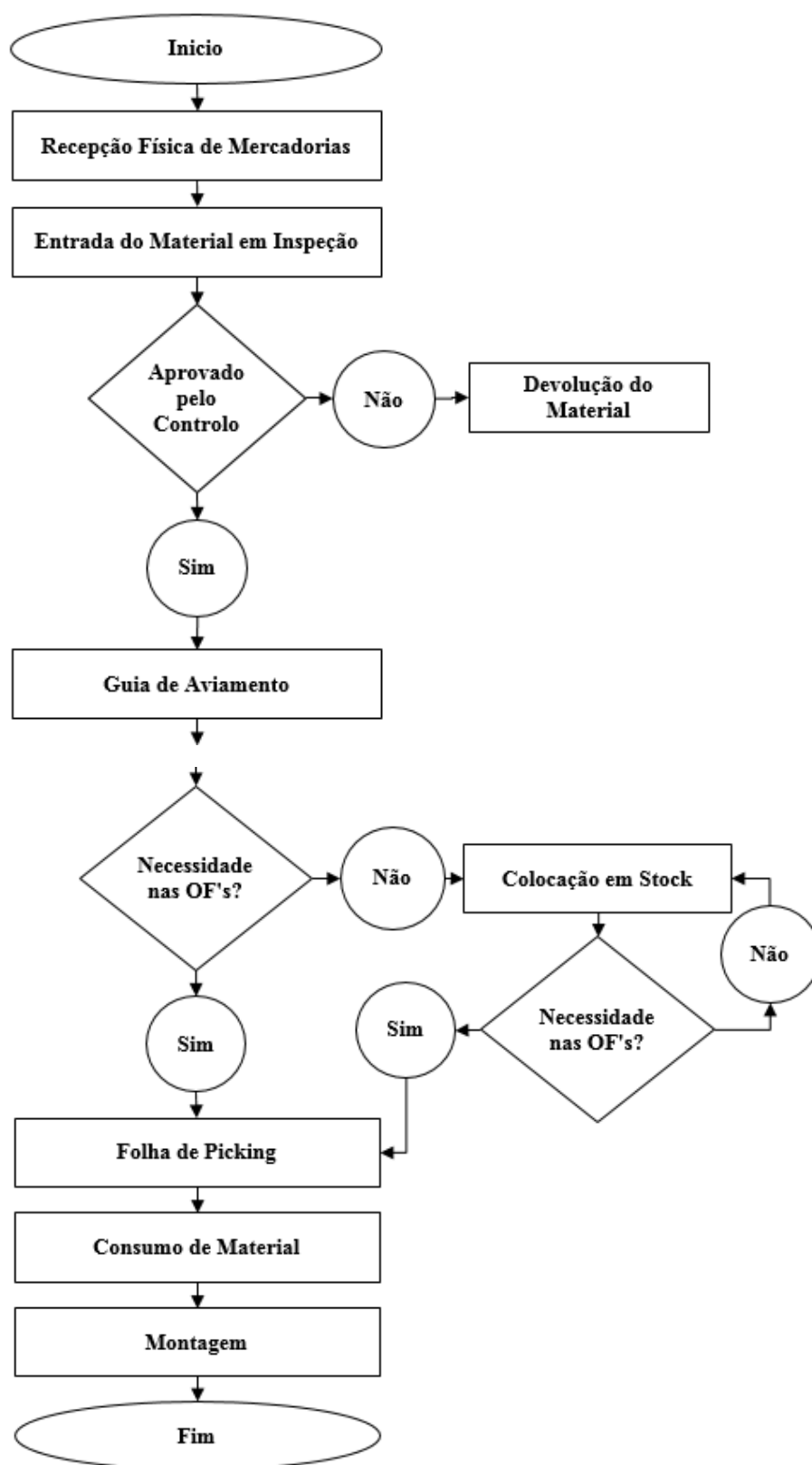


Figura 5.18 – Fluxograma do Processo em Armazém

6. PROCESSOS DE MELHORIA E KPIs PARA A PRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas atividades de melhoria dos processos da empresa, que se tornaram possíveis devido ao conhecimento e experiência adquiridos na atividade principal de desenvolvimento e introdução das novas estruturas de produto.

Ao desenvolver o trabalho principal de definição das estruturas de produto e codificação, assim como a sua integração na aplicação *Enterprise Resource Planning* (ERP) foram identificadas inconsistências de informação, não uniformidade na informação armazenada e formatação deficiente de campos de informação. Assim, o conhecimento adquirido na definição e integração do novo sistema de codificação foi utilizado para efetuar correções com o objetivo de melhorar a qualidade da informação.

Por outro lado, existia na empresa o objetivo de serem criados *Key Performance Indicators* (KPIs) para a produção, que permitissem estudar o desempenho global e por serviço ou departamento da empresa, com vista à sua optimização. O conhecimento adquirido no desenvolvimento das listas de materiais e codificação, em relação a todos os processos da empresa, permitiu abordar, ainda que de uma forma inicial, a definição de KPIs para a produção.

6.1 Correção de Informação no M3

Ao efetuar várias pesquisas de artigos existentes na base de dados do M3 foram encontradas diversas incoerências. As pesquisas feitas tinham o intuito de procurar artigos para a alocação dos códigos nas listas de materiais. Um dos problemas que surgiram foi a não conformidade dos artigos presentes no M3, tanto a nível de descrições como em relação às referências dos mesmos. Com vista a alterar este facto, foram adotados vários procedimentos para a uniformização da informação referente às listas de materiais. Procedeu-se assim à correção exaustiva dos artigos em M3, de descrições e referências, bem como à identificação e eliminação de artigos repetidos que apresentavam códigos diferentes.

Foram elaboradas várias listas de *Excel* para cada família e respetiva subfamília de artigos, de modo a serem definidas as melhores regras para a criação e correção de todos os artigos.

A Tabela 6.1 apresenta um exemplo de um artigo que sofreu várias alterações. Algumas diferenças encontradas foram:

- Espaços entre palavras e números, outros continham pontos ou traços;
- Descrições em Português e Inglês;
- Falta de informação;

- Artigos repetidos;
- Descrições e referências diferentes para o mesmo tipo de artigo.

Tabela 6.1 – Tabela para correção da lista de parafusos com referência “07151”

07151	M3 Atual		M3 corrigido	
Código	Referência	Descrição	Referência corrigida	Descrição corrigida
210060010000496	M5X12-07151-DIN7380	PARAFUSO SEXTAVADO INTERIOR	M5X12-07151-ISO7380-CL10.9	HEXAGON SOCKET BUTTON HEAD SCREW
210060010000301	M5X8-ISO7380-CL.10.9	HEXAGON HEAD BOLTS	M5X8-07151-ISO7380-CL10.9	HEXAGON SOCKET BUTTON HEAD SCREW
210060010000548	M6X10 07151 ISO7380	HEX. SOCKET BUTTON HEAD SCREW	M6X10-07151-ISO7380-CL10.9	HEXAGON SOCKET BUTTON HEAD SCREW
210060010000302	M6X20-ISO7380-CL.10.9	HEXAGON HEAD BOLTS	M6X20-07151-ISO7380-CL10.9	HEXAGON SOCKET BUTTON HEAD SCREW
210060010000303	M6X30-ISO7380-CL.10.9	HEXAGON HEAD BOLTS	M6X30-07151-ISO7380-CL10.9	HEXAGON SOCKET BUTTON HEAD SCREW
210060010000549	M6X35 07151 ISO7380	HEX. SOCKET BUTTON HEAD SCREW	M6X35-07151-ISO7380-CL10.9	HEXAGON SOCKET BUTTON HEAD SCREW

Para minimizar estes erros e diferenças foram definidas algumas regras para a criação dos artigos. Estas regras foram elaboradas nomeadamente para os parafusos, anilhas e porcas, de forma a testar a sua aplicabilidade dentro da empresa, pois tratam-se dos artigos mais utilizados pela Engenharia no dia-a-dia.

Algumas regras definidas para os parafusos foram:

- Utilização do mesmo idioma para todos os artigos – Inglês;
- Separação entre as designações nas referências “-“ – Deixou de haver espaço;
- A composição da referência passou a apresentar a ordem: Medida-código fornecedor-norma-classe;
- Tudo em letras maiúsculas.

Todos os artigos repetidos foram eliminados, e foi alterado o *Add-on* “Criar Artigos”. Sempre que o utilizador digita na referência de um artigo pertencente à estrutura hierárquica “21006001”, por exemplo, “M10X30-51050-DIN912-A2-CL70”, a descrição é preenchida automaticamente com o nome correto. Regra criada: “DIN912+51050, descrição= HEXAGON SOCKET HEAD CAP SCREW”.

Com a criação das regras os artigos passaram a ser criados da mesma forma permitindo a conformidade entre todas as referências e descrições. Após o *Add-on* ter sido modificado, foi efetuada uma manutenção mensal dos artigos para verificação do funcionamento das alterações.

Ao serem alteradas todas as descrições e referências teve de ser feita uma nova rotulação dos artigos existentes na produção e no armazém. Foram então criadas novas etiquetas para que os artigos estivessem fisicamente em concordância com toda a informação contida no sistema de planeamento.

A Figura 6.1 apresenta um exemplo de um artigo já corrigido no M3. Na Secção 6.2 são descritos com mais detalhe os processos executados e apresentado um exemplo para o caso particular das anilhas.

Nome	Número artigo	Designação 2
07000		
M10X60-07000-DIN912-CL12.9	210060010000241	HEXAGON SOCKET HEAD CAP SCREW
M10X65-07000-DIN912-CL12.9	210060010000216	HEXAGON SOCKET HEAD CAP SCREW
M10X70-07000-DIN912-CL12.9	210060010000217	HEXAGON SOCKET HEAD CAP SCREW
M10X80-07000-DIN912-CL12.9	210060010000218	HEXAGON SOCKET HEAD CAP SCREW
M10X90-07000-DIN912-CL12.9	210060010000632	HEXAGON SOCKET HEAD CAP SCREW
M10x25-07000-DIN912-CL12.9	210060010000204	HEXAGON SOCKET HEAD CAP SCREW
M10x30-07000-DIN912-CL12.9	210060010000197	HEXAGON SOCKET HEAD CAP SCREW
M12X100-07000-DIN912-CL12.9	210060010000231	HEXAGON SOCKET HEAD CAP SCREW
M12X180-07000-DIN912-CL12.9	210060010000620	HEXAGON SOCKET HEAD CAP SCREWS
M12X180-07000-DIN912-CL12.9	210060010000249	HEXAGON SOCKET HEAD CAP SCREW
M12X25-07000-DIN912-CL12.9	210060010000252	HEXAGON SOCKET HEAD CAP SCREW

Figura 6.1 – Lista corrigida em M3 do parafuso 07000

6.2 Criação de Regras

Após ter sido efetuada a alteração de todos os artigos já existentes, e para que as listas continuem uniformes, foi necessário proceder à adaptação de regras para a criação de novos artigos. À medida que a Engenharia procede ao desenvolvimento dos projetos, será necessário comprar novos artigos e consequentemente estes terão de ser criados. Assim, são necessárias regras para que todos os colaboradores criem os artigos da mesma forma.

As regras (Tabela 6.2) tiveram como base a referência e a descrição dos artigos. Por exemplo, ao ser colocado no *Add-on* “M3_CriaArtigos”, no campo de preenchimento da referência, “38130-DIN125-1A”, o *software* irá preencher automaticamente o campo da descrição com “WASHER”. Em caso de dúvidas em relação ao preenchimento da referência, ao passar o cursor por cima da mesma esta apresenta um *tooltip* com a ordem e a informação que deve conter. Para o exemplo referido, este apresentaria “MEDIDA-CÓDIGO FABRICANTE/FORNECEDOR-NORMA”. Assim, a pessoa que irá criar uma nova anilha com o código “30130” sabe que a referência teria de ser preenchida primeiro com a medida, depois com o respetivo código do fornecedor e de seguida a norma. Teria também conhecimento de que a divisão destes elementos teria de ser feita por um traço e a informação deveria apresentar apenas letras maiúsculas.

Tabela 6.2 – Regras para criação de artigos - Anilhas

	Código Hierarquia	Referência	Designação	Regra
1	21006002	38130-DIN125-1A	WASHER	MEDIDA-CÓDIGO FABRICANTE/FORNECEDOR-NORMA
2	21006002	38140-DIN125-1A	WASHER	MEDIDA-CÓDIGO FABRICANTE/FORNECEDOR-NORMA
3	21006002	38180-DIN125-1B	WASHER	MEDIDA-CÓDIGO FABRICANTE/FORNECEDOR-NORMA
4	21006002	38220-DIN9021	WASHER	MEDIDA-CÓDIGO FABRICANTE/FORNECEDOR-NORMA
5	21006002	38240-DIN440R	WASHER	MEDIDA-CÓDIGO FABRICANTE/FORNECEDOR-NORMA
6	21006002	38430-DIN7349	WASHER	MEDIDA-CÓDIGO FABRICANTE/FORNECEDOR-NORMA
7	21006002	37020-DIN127B	WASHER	MEDIDA-CÓDIGO FABRICANTE/FORNECEDOR-NORMA

6.3 Nova Biblioteca

Após terem sido efetuadas as correções no M3, e de terem sido implementadas regras para a continuação da harmonização da informação, é necessário também efetuar correções no *SolidWorks*. Sendo os artigos primeiro criados em *SolidWorks* e as listas

surgirem do mesmo, é necessário que também contenha os códigos corretos bem como as descrições. A conceção de um projeto é a componente que consome mais tempo. Caso o projetista apresente a informação toda sempre por atualizar, este irá desperdiçar muito tempo só com os “clicks” necessários em cada operação. Surge então a necessidade de atualizar toda a informação em sistema.

Sendo os parafusos os materiais mais utilizados na Engenharia Mecânica, foram estes os primeiros a serem atualizados e, como já foi referido anteriormente, criados de acordo com os artigos já existentes no M3. De seguida foi elaborada a biblioteca para anilhas e porcas. Posteriormente, ao longo do período de estágio, foram atualizados todos os outros materiais.

6.4 Alertas do M3

Ao longo do estágio foram criadas diversas estruturas de várias máquinas. Deste modo, surgiu a necessidade de existir um maior controlo de toda a informação contida no M3 referente às estruturas de produto. Para que toda a informação dos estados dos artigos nas listas de materiais fosse controlada, desenvolveu-se código em *Structured Query Language* (SQL) para que diariamente fosse lançado pelo M3 um alerta para o email dos responsáveis das estruturas (Estagiária e responsáveis pelas diversas montagens elétricas e mecânicas), com a informação que deve ser tida em conta.

Os vários tipos de alertas criados foram:

- Artigos fabricados em estado “10-Provisório”:

Alerta para todos os artigos que estão alocados no M3 que se encontram no estado “10”.

- Estrutura em estado “20” – Libertada com componentes no estado “10” – Provisório:

Alerta para, como o nome indica, todas as estruturas que estão em estado “20 - Libertada”, que contenham artigos dentro destas no estado “10”. Alerta para a necessidade de passar estes artigos para o estado “20” de modo a que sejam geradas necessidades de compra. Visto que se os artigos contidos nas Ordens de Fabrico (OFs) permanecerem no estado “10” tornam-se invisíveis para o Departamento de Compras, pois não são geradas ordens de compra planeadas no sistema.

6.5 KPIs para a Produção

Um KPI é a sigla que corresponde a “*Key Performance Indicator*” ou “Indicador Chave de Desempenho”. Este tipo de ferramenta de gestão facilita a transmissão da visão e da missão da empresa, ou seja, os objetivos gerais e/ou específicos da empresa.

Os KPIs são medidas quantitativas ou qualitativas que auxiliam na compreensão e interpretação dos resultados da empresa. Assim, é possível saber se a empresa está ou não a cumprir os objetivos. Permite que todos os colaboradores possam visualizar o estado real da empresa e desenvolver medidas preventivas para o caso de a evolução não estar de acordo com o planeado, poder tomar medidas de melhoria para evitar ou minimizar as consequências de ocorrências negativas, assim como para melhorar a eficiência do processo produtivo.

Os indicadores podem ser de vários tipos, tais como: indicadores quantitativos, qualitativos, de atraso, de entrada, de processo, resultados, práticos, direcionais, acionáveis e financeiros [11]. Alguns exemplos de KPIs são:

- **Time to Market** → Corresponde ao tempo de lançamento de um produto - tem início na sua conceção e termina quando se encontra disponível para venda;
- **Lead Time** → Tempo de duração de um determinado processo;
- **Stock Out** → Número de vezes ou número de dias que um determinado artigo se encontra em stock;
- **Market Share** → Parte de mercado que um determinado produto conquistou durante um determinado intervalo de tempo;
- **Produtividade Homem/hora** → Número de unidades produzidas por cada indivíduo;
- **Ociosidade** → Percentagem de tempo que uma equipa, unidade de construção ou uma máquina ficam sem produzir.

Um KPI permite fazer o estudo de desempenho de uma empresa nas determinadas áreas de serviço ou departamentos, assim como do seu desempenho global [11]. Como estes indicadores refletem o comportamento da empresa poderão ser utilizados para otimizar os esforços por parte dos colaboradores.

Os indicadores desenvolvidos têm por objetivo dar algumas respostas às necessidades da Produção. Permitem visualizar o planeamento das ordens de fabrico para um determinado período de tempo que se pretende consultar, bem como observar se está a decorrer de acordo com o planeamento efetuado.

Os KPIs a desenvolver devem ser baseados nas ordens de fabrico, nos tempos de montagem e nas datas planeadas. A Tabela 6.3 apresenta os *subassemblies* para o projeto E140001 e os números das ordens de fabrico correspondentes.

Tabela 6.3 – OFs para o Projeto E140001

Número da OF	Descrição	Código do Produto
1090162	FT&BA	590070010000001
1090163	<i>Structure - 1000</i>	610010010000001
1090164	<i>Conveyor End Asm - 2300</i>	610020010000001
1090165	<i>Door Asm - 1100</i>	610050010000001
1090166	<i>Boot Stopper Asm - 3100, 3200</i>	610060010000001
1090167	<i>Reject Box Asm - 1200</i>	610070020000001
1090168	<i>Central Conveyor Asm - 2000</i>	620010020000001
1090169	<i>Unloading Conveyor Asm - 5000</i>	620010030000001
1090170	<i>Pallet Asm - 2200</i>	620010040000001
1090171	<i>Robot Asm - 4000</i>	620030040000001
1090172	<i>M270 Gripper Asm - 4100</i>	620030050000001
1090173	<i>M276 Robot Gripper - 4200</i>	620030050000002
1090174	<i>Lift-Indexer Asm - 2100</i>	620050030000001
1090175	<i>Robot Electrical - Pneumatic Asm - 4300</i>	650010010000001
1090176	FT&BA - <i>Main Assembly</i>	690020010000001
1090190	<i>Assembly Electrical - FT&BA</i>	660010010000001
1090191	C34	660100010000001
1090192	CB34.1	660120010000006
1090193	C31X	660100020000001
1090194	FAT	690500010000001
1090195	CB34.2	660100030000001
1090196	<i>Mechanical Engineering</i>	690010010000001
1090197	<i>Electrical Engineering</i>	690010020000001
1090198	<i>Automation Engineering</i>	690010030000001
1090199	<i>Software Engineering</i>	690010040000001
1090200	<i>Packaging</i>	690030010000001

Como ponto de partida, foi definido e estudado o KPI que é apresentado no gráfico da Figura 6.2. Este KPI apresenta o número de horas planeadas das ordens de fabrico (a azul) e o número de horas reais (a laranja). Pode-se verificar que na maioria das ordens de fabrico o número de horas reais de trabalho é muito maior do que com o número de horas que estava planeado para o projeto. Tal não significa que os operadores demorem mais tempo nas suas tarefas por serem lentos, estas diferenças ocorrem devido a perturbações na produção (referidas no Capítulo 5).

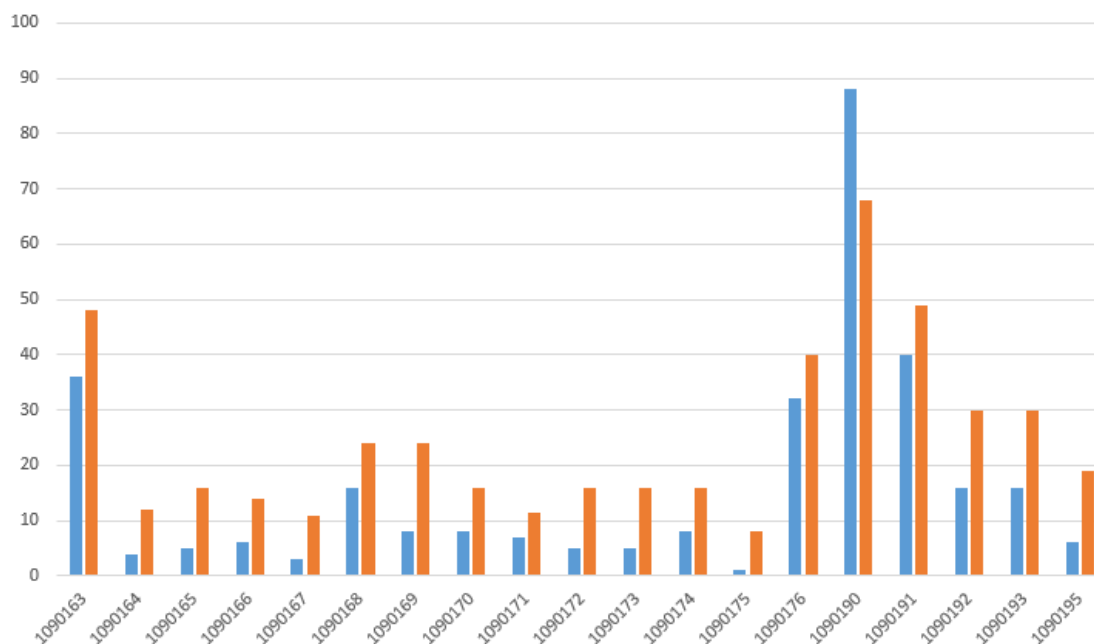


Figura 6.2 – Número de horas planeadas (azul) e reais (laranja) de trabalho por OF

As causas das perturbações podem ser visualizadas na Figura 6.3. O gráfico apresenta o número de perturbações que ocorreram no projeto em questão. Verifica-se que a causa principal para o número de horas de trabalho ter sido maior do que o planeado foi o facto de ter existido informação incorreta. Esta informação errada pode ter sido causada pelo elevado número de alterações nos desenhos e consequentemente nas BOMs, aquando o processo de montagem, acrescida pelo fato de a informação disponível estar incompleta.

Da definição, estudo e análise de resultados deste KPI, pode-se assim concluir que a empresa terá de melhorar o processo de comunicação entre os trabalhadores e diminuir o número de alterações, realizando apenas as essenciais, quando o projeto se encontra em fase de montagem.

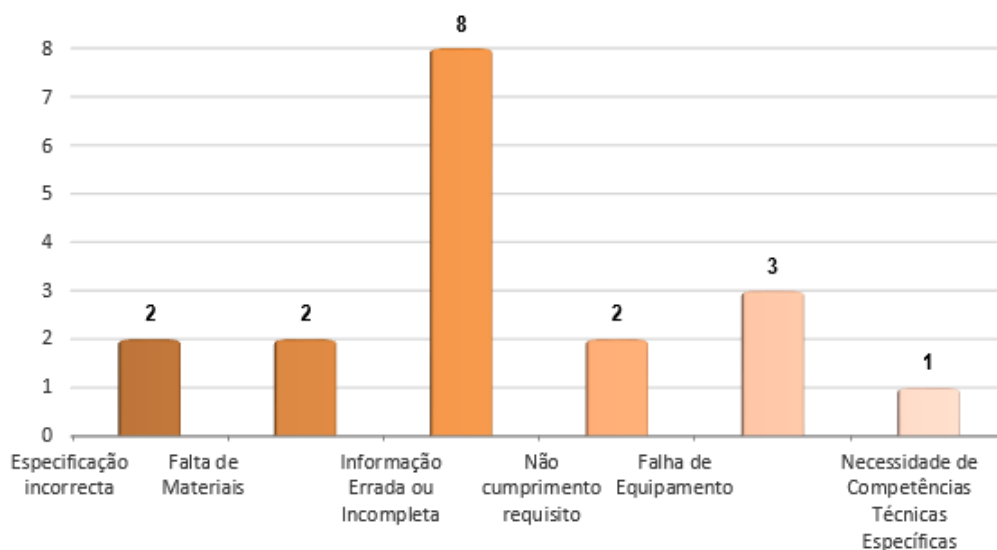


Figura 6.3 – Distribuição por tipos de perturbações

Tendo sido definido e estudado um indicador exemplo, foram adquiridos conhecimentos para que este estudo se possa estender a outros KPIS, e assim permitir um estudo mais aprofundado do funcionamento da produção. Esse estudo deverá contribuir para melhorar significativamente e continuamente a eficiência do processo produtivo.

7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Tanto as estruturas de produto como a codificação são técnicas cada vez mais comuns e importantes na atividade da maioria das empresas. Uma codificação bem definida apresenta grandes vantagens relativas à gestão, organização e estruturação de todos os projetos, uma vez que se trata de uma ferramenta base que está integrada em todos os processos e departamentos da empresa.

O desenvolvimento de novos produtos é essencial para a competitividade e sucesso das empresas, pelo que a eficiência dos processos que lhe estão associados se apresenta como um fator fundamental para o êxito das mesmas. Ao longo do trabalho desenvolvido neste estágio verificou-se que a definição de uma estrutura de produto possui um grande impacto em todo o processo de produção de uma máquina.

No decorrer de um projeto, uma estrutura de produto bem definida permite otimizar todo o processo de desenvolvimento e fabricação de uma máquina. A estrutura de produto intervém desde a fase de conceção até à fase de expedição do produto, tendo por isso um grande impacto em todos os departamentos de uma empresa. Se um determinado produto já apresentar uma estrutura definida, e caso o mesmo produto seja vendido várias vezes, a mesma estrutura permite que todo o processo de produção seja mais rápido e eficiente.

Na Zeugma foi identificada a necessidade de criar um novo sistema de codificação assim como estruturas de produto para melhorar a eficiência do processo produtivo. O prosseguimento deste objetivo coincidiu com o início do estágio tendo a Estagiária sido associada ao seu estudo e implementação. No trabalho desenvolvido ao longo do estágio procedeu-se à definição de um sistema de codificação para as montagens adaptado à empresa e ao tipo de máquinas que produz assim como ao desenvolvimento das estruturas de produto, também designadas por listas de materiais. A codificação e listas de materiais desenvolvidas foram inseridas no *software* de ERP da empresa, inicialmente num projeto piloto e posteriormente integradas na produção regular de máquinas. No período de estágio foram criadas estruturas de produto para o projeto de dezasseis máquinas.

No entanto, sendo este um novo processo global adotado pela empresa, ao longo do estágio foi-se deparando com várias dificuldades. Uma delas foi a criação de uma estrutura de codificação adaptada a todos os setores e a todas as necessidades presentes nos processos em que um produto está envolvido. Uma outra dificuldade que surgiu foi devida ao elevado número de alterações nas BOMs. Uma máquina apresenta apenas uma estrutura, contudo, se essa máquina apresentar mais que uma encomenda, a estrutura ao ser liberta irá originar todas as OFs necessárias para uma só máquina. Se forem vendidas cinco máquinas as OFs serão multiplicadas por cinco. Isto implica que uma alteração tenha de ser efetuada na estrutura e em todas as OFs respetivas. Nos casos que haja um número elevado de alterações a serem efetuadas, existe maior probabilidade de ocorrerem erros e atrasos ao longo do processo. O processo de efetuar as alterações tem de ser

executado com extrema atenção uma vez que o estado do mesmo artigo poderá ser diferente de OF para OF, é uma tarefa demorada, e influencia todos os departamentos. Assim, conclui-se que as alterações devem de ser no menor número possível e apenas devem ser efetuadas quando estritamente necessário.

Um outro aspeto que foi possível concluir na implementação das estruturas criadas em ambiente de produção de máquinas foi que uma estrutura de produto não deve ser libertada sem que todos os artigos e *subassemblies* estejam bem definidos, ou seja, antes de iniciar qualquer outro passo seguinte. Desta forma todos os possíveis erros e eventuais alterações necessárias são minimizadas, permitindo encaminhar todo o projeto para o sucesso, através da boa organização da estrutura de produto.

No decorrer do trabalho foram encontrados vários outros aspetos relacionados com a organização da informação da empresa que necessitavam de ser melhorados. Nomeadamente, na definição de regras para a introdução, formatação e coerência de dados no *software* ERP. A Estagiária implementou esses processos de melhoria assim como participou na definição inicial de KPIs para a Produção. Estes indicadores têm como objetivo o controlo das ordens de fabrico que tiveram origem nas estruturas de produto. Um aprofundamento futuro na definição e utilização destes indicadores permitirá melhorar significativamente todo o processo produtivo.

O estágio na Zeugma ofereceu uma oportunidade única para adquirir conhecimentos numa área muito importante como é a da melhoria da eficiência dos processos produtivos, com integração na indústria de desenvolvimento de máquinas para automação industrial, oferecendo uma grande componente de experiência profissional e tendo correspondido a todas as expectativas por parte da Estagiária.

Referências Bibliográficas

- [1] Garwood, D. (2004). *Bills of Material*. Marietta, Georgia: Dogwood Publishing Company, Inc.
- [2] Oliveira, Cristiano Bevitori (1999). Estruturação, Identificação e Classificação de Produtos em Ambientes Integrados de Manufatura. Universidade de São Paulo, Engenharia Mecânica.
- [3] Fernandes, Agostinho Leandro (2011). Modelo de abastecimento de materiais à produção. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Engenharia Industrial e Gestão.
- [4] Fernandes, António Ramires (2001). Programar em Visual Basic. Universidade do Minho, Departamento de Informática.
- [5] Serrador, Francisco e Martins, Jeremim (2005). Organização e Gestão da Produção. Manual Formando.
- [6] Silva, Daniel Jorge Bastos (2011). Restruturação do Armazém da Manutenção na SONAFI. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Engenharia Mecânica.
- [7] Lawson Smart Office (2014). *Organization in One Place. Innovate Solutions and Industry Expertise*.
- [8] Piedade, Vanda (2012). Manutenção Centrada na Fiabilidade. Manutenção de Equipamentos. Instituto Politécnico de Setúbal, Engenharia de Produção.
- [9] Filho, Moacir Godinho e Fernandes Favio César (2003). Um sistema para classificar e codificar os trabalhos que relacionam o controlo da produção e o controlo da qualidade. Universidade de São Carlos, Departamento de Engenharia de Produção.
- [10] Reitan, Erik (2014). Getting started with ASP.NET 4.5 web forms and Visual Studio 2013. Microsoft Corporation.
- [11] França, Vilciant de Oliveira (2010). Identificação de Indicadores Chave de Desempenho Logístico (KPI's) de Supermercados: Um Estudo Multicaso. Universidade de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Produção.
- [12] Salvador, BA (2013). Estudo do Desempenho de uma Linha de Produção Através da Utilização da Ferramenta KPI. Encontro Nacional de Engenharia de Produção.
- [13] Simon, Fabiana (2011). Inovação Tecnológica. Utilização da estrutura funcional para a definição da arquitetura de um produto. Engenharias da Fabor.

ANEXO A – Codificação dos Subassemblies

Grupo	Função	Descrição	Família	Descrição	Sub-família	Descrição
6	1	Structure	001	Frame	001	Frame
			002	Cover	001	Cover
			003	Base/Foundations	001	Base
			004	Platforms	001	Platforms
			005	Doors & Guards	001	Doors & Guards
					002	Doors
					003	Guard
			006	Safety devices	001	Stopper
			007	Facilities	001	Ducts
					002	Enclosures
			008	Machine Base Assembly	001	Machine Base Assembly
6	2	Line Handling	001	Conveyor	001	Rotary Tables
					002	Conveyor Assembly
					003	Conveyor
					004	Pallet
					005	Indexer
			002	Buffer	001	Buffer
			003	Pick & Place	001	1 Axis
					002	2 Axis
					003	3 Axis
					004	ROBOT
					005	Grippers
			004	Ventilation & Cooling	001	Ventilation
					002	Colling
					003	Exhaustion
			005	Guide & Position	001	Bearing house unit
					002	Guide unit system
					003	Indexing Unit
					004	Guides
					005	Tensor System
					006	Dancer Roller
					007	Idler Roller
					008	Stopper
			006	Transmission	001	Transmission Systems
					002	BiMotor
					003	Break

			007	<i>Feeding</i>	001	<i>Bowl Feeder</i>
					002	<i>Linear Feeders</i>
					003	<i>Step Feeders</i>
					004	<i>Rotary Indexing Table</i>
			008	<i>Detection</i>	001	<i>Hole Detector</i>
					002	<i>Sensor Assembly</i>
					003	<i>Error proof</i>
					004	<i>Test</i>
			009	<i>Palletizer Systems</i>	001	<i>Palletizer Systems</i>
			010	<i>Web Guiding</i>	001	<i>Pivot Guiding</i>
					002	<i>Shifta Roll</i>
			011	<i>Winding</i>	001	<i>Rewinder</i>
					002	<i>Unwinder</i>
			012	<i>Pull & Brakes</i>	001	<i>Driven_PB</i>
					002	<i>Idler_PB</i>
			013	<i>AGV</i>	001	<i>AGV</i>
			014	<i>Upgrade</i>	001	<i>Electrical</i>
					002	<i>Mechanical</i>
			015	<i>Trim</i>	001	<i>Trim</i>
6	3	Process	001	<i>Treatment</i>	001	<i>Plasma System</i>
					002	<i>Laser System</i>
					003	<i>Anti-Static System</i>
					004	<i>Ionizers</i>
					005	<i>Magnetizer</i>
					006	<i>Fluxo</i>
					007	<i>Heating</i>
			002	<i>Cut & Splice</i>	001	<i>Cut & Splice</i>
					002	<i>Cut</i>
					003	<i>Splice</i>
					004	<i>Trim</i>
			003	<i>Marking & Counter</i>	001	<i>Marking</i>
					002	<i>Marking & Counter</i>
					003	<i>Counter</i>
			004	<i>Soldering & Welding</i>	001	<i>Soldering</i>
					002	<i>Thermo Welding</i>
			005	<i>Video & Vision</i>	001	<i>Strobe Inspection</i>
					002	<i>Camera</i>
			006	<i>Assembly Test Station</i>	001	<i>Test Station</i>
					002	<i>Assembly Station</i>
					003	<i>Assembly & Test Station</i>
			007	<i>Punching Stations</i>	001	<i>Punching Stations</i>
			008	<i>Printing</i>	001	<i>Printing Station</i>

					002	<i>Dryer_PS</i>
			014	<i>Upgrade</i>	001	<i>Electrical</i>
					002	<i>Mechanical</i>
6	4	<i>Automation & Control</i>	001	<i>Automation Development</i>	001	<i>Functions, networks, comm's, drives, HMI</i>
			002	<i>Robotic Development</i>	001	<i>Movements, functions, networks, comm's</i>
			003	<i>Software Development</i>	001	<i>Functions, networks, comm's, DBs, interfaces</i>
6	5	<i>Fluids</i>	001	<i>Pneumatic Units</i>	001	<i>Sopro</i>
					002	<i>Vácuo</i>
					003	<i>Sopro + Vácuo</i>
			002	<i>Hydraulic Stations</i>	001	<i>Hydraulic Stations</i>
			003	<i>Lube Units</i>	001	<i>Lube Units</i>
			004	<i>Air Treatment Units</i>	001	<i>Air Treatment Units</i>
6	6	<i>Electrical</i>	001	<i>Project</i>	001	<i>Electrical Project</i>
			010	<i>Cabinet Manufacturing</i>	001	<i>Main Cabinet/1st Cabinet</i>
					002	<i>2nd Cabinet</i>
					003	<i>3rd Cabinet</i>
					004	<i>4th Cabinet</i>
					005	<i>5th Cabinet</i>
			011	<i>Box Manufacturing</i>	001	<i>Main Box/1st Box</i>
					002	<i>2nd Box</i>
					003	<i>3th Box</i>
					004	<i>4th Box</i>
					005	<i>5th Box</i>
			012	<i>Console Manufacturing</i>	001	<i>Main Console/1st Console</i>
					002	<i>2nd Console</i>
					003	<i>3rd Concole</i>
					004	<i>4th Console</i>
					005	<i>5th Console</i>
			013	<i>Station MFG/ASMB</i>	001	<i>Loading (+Assembly/+Test/+ID) Station</i>
					002	<i>Unloading (+ID) Station</i>
					003	<i>Assembly (+Test) Station</i>
					004	<i>Test (+ID) Station</i>
					005	<i>ID Station</i>
					006	<i>Transfer</i>

			014	<i>Set of Cables</i>	001	<i>Set of Cables</i>
6	7					
6	8					
6	9	<i>Production</i>	001	<i>Engineering</i>	001	<i>EMEC</i>
					002	<i>EELE</i>
					003	<i>EAUT</i>
					004	<i>ESOF</i>
			002	<i>Assembling</i>	001	<i>Mec + Elec</i>
			003	<i>Packaging</i>	001	<i>Mec + Elec</i>
			050	<i>FAT</i>	001	<i>Mec + Elec</i>